

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroniky

**Laboratorní stanoviště s lineárním motorem s permanentními
magnety**

**Laboratory Stand with Permanent Magnet Linear Synchronous
Motor**

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroniky

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Michal Jelínek**
Studijní program: N2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 2612T015 Elektronika
Téma: **Laboratorní stanoviště s lineárním synchronním motorem s
permanentskými magnety**
Laboratory Stand with Permanent Magnet Linear Synchronous Motor

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Popište princip činnosti pohonu s lineárním motorem LM1S050-320-26
2. Sestavte stanoviště pohonu s lineárním motorem
3. Vytvořte a ověřte programy pro řízení pohonu s lineárním motorem
4. Na základě realizovaných měření vypracujte vzorový protokol pro laboratorní úlohu

Seznam doporučené odborné literatury:


Projektová dokumentace firmy VUES Brno.
Projektová dokumentace firmy Pacific Scientific.
Další literatura dle pokynů vedoucího diplomové práce.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Ivo Neborák, CSc.**

Datum zadání: 01.09.2015

Datum odevzdání: 29.04.2016



doc. Ing. Petr Palacký, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty



Prohlášení studenta:

„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě dne 27. 4. 2016



.....

Michal Jelínek

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce panu doc. Ing. Ivo Neborákovi, CSc. za odborné rady a připomínky, kterými přispěl k vypracování mé diplomové práce.“

Abstrakt

Cílem diplomové práce je sestavit laboratorní stanoviště s lineárním synchronním motorem s permanentními magnety, vytvořit programy pro řízení pohonu a vypracovat vzorový protokol pro laboratorní úlohu. Úvodní teoretická část práce je zaměřena na seznámení s danou problematikou a je zde popsán princip činnosti lineárního motoru LM1S050 – 320 – 26. V praktické části diplomové práce je sestaveno laboratorní stanoviště a popsány jednotlivé komponenty tohoto stanoviště. Dále jsou vytvořeny a ověřeny programy pro řízení pohonu, návod na obsluhu stanoviště a řídících programů. Výsledkem této práce je vzorový protokol pro laboratorní úlohu.

Klíčová slova

laboratorní stanoviště, lineární motor, pohon, měnič, program pro řízení, komunikace

Abstract

The aim of the thesis is to build a laboratory stand with permanent magnet linear synchronous motor, create a programs to drive control and develop a model protocol for the laboratory exercise. The theoretical part of the thesis is focused on introduction of the main theme and it describes the principle of operation of the linear motor LM1S050 – 320 – 26. In the practical part of the thesis the laboratory stand is built and there are described the various components of this stand. Furthermore, are created and verified programs to drive control, user manual for stand and control programs. The result of this thesis is a model protocol for the laboratory exercise.

Key Words

laboratory stand, linear motor, drive, convertor, program for control, communication

Obsah

Úvod	10
1. Princip činnosti pohonu s lineárními motory	11
1.1 Základní typy lineárních pohonů	11
1.2 Konstrukce střídavých lineárních motorů	11
1.3 Pohon s lineárním motorem LM1S050 – 326 – 26	12
1.3.1 Princip činnosti	13
1.3.2 Technická specifikace motoru	15
2. Stanoviště pohonu s lineárním motorem LM1S050 – 326 – 26	19
2.1 Počítač	20
2.2 Měnič SCE904	20
2.2.1 Vlastnosti měniče	22
2.2.2 Prevence poškození	25
2.3 Přídavná karta	26
2.4 Lineární motor LM1S050 – 326 – 26	28
2.5 Snímač polohy	29
2.6 Blok ovládání a signalizace	29
2.6.1 Předdefinované funkce BDIO	30
3. Programové řešení pro řízení pohonu	32
3.1 Vývojové prostředí IDE950	32
3.2 Programovací jazyk vývojového prostředí IDE950	33
3.2.1 Proměnné	33
3.2.2 Struktura psaní programu	33
3.2.3 Zdroje přerušení pro měnič SCE904 s programovatelnou kartou OCE950	35
3.2.4 Parametry pro provoz měniče a lineárního motoru	36
3.2.5 Nastavení parametrů regulační smyčky	37
3.3 Ovládání pohonu	37
3.4 Podprogramy pro obsluhu maticové klávesnice	38
3.5 Program pro ovládání pohonu ve vývojovém prostředí IDE950	40
4. Vzorový protokol pro laboratorní úlohu	49
Závěr	55
Literatura	56
Seznam příloh	58

Seznam použitých symbolů a zkratek

ASIC	Application Specific Integrated Circuits, technologie pro digitální řízení.
B	chemická značka boru.
BDIO	digitální obvody.
CE	Conformity Declaration, certifikace, prohlášení o shodě.
DC	Direct Current, stejnosměrný proud.
DRDC	Digital Resolver to Digital Converter, technologie pro digitální řízení.
DSP	Digitální signálový procesor.
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory, mazatelná semipermanentní paměť typu ROM.
F_1 [N]	maximální síla při proudu I_1 a rychlosti v_1 .
F_A [N]	přitažná síla mezi primárním a sekundárním dílem motoru.
Fe	chemická značka železa.
F_{NC} [N]	síla, kterou motor vyvine trvale při vzduchovém chlazení vlastním povrchem a přídatnou chladicí plochou reprezentovanou hliníkovou deskou o tloušťce 10mm s třikrát větším chladicím povrchem, než je připevňovací plocha primárního dílu. Tato přídatná chladicí deska slouží pro simulaci odvodu tepla do konstrukce poháněného zařízení.
F_{peak} [N]	největší síla, kterou motor vyvine. Využívá se jako záběrová.
F_{wc} [N]	síla, kterou motor vyvine trvale při chlazení externím vodním chladičem.
F_{wc1} [N]	síla, kterou motor vyvine trvale při chlazení vestavěným vodním chladičem.
F_{wc2} [N]	síla, kterou motor vyvine trvale při chlazení vestavěným a externím vodním chladičem.
f_1 [Hz]	kmitočet napájecího proudu odpovídající rychlosti v_1 .
GND	Ground, zemní svorka, společný pól napájecího zdroje.
I_1 [A]	maximální krátkodobě přípustný proud (efektivní hodnota), který je dán průsečíkem proudového omezení motoru a omezení jmenovitým napětím měniče.
I_{NC} [A]	proud odpovídající síle F_{NC} .
I_{peak} [A]	proud odpovídající síle F_{peak} .
I_{ult} [A]	hodnota napájecího proudu, při jejímž překročení dochází k demagnetizaci magnetů.
I_{wc} [A]	proud odpovídající síle F_{wc} .
I_{wc1} [A]	proud odpovídající síle F_{wc1} .
I_{wc2} [A]	proud odpovídající síle F_{wc2} .
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor, bipolární tranzistor s izolovaným hradlem.
k_E [Vs/m]	napěťová konstanta motoru.

k_F [N/A]	silová konstanta motoru.
k_M [N/ \sqrt{W}]	konstanta motoru.
L_{u-v} [mH]	indukčnost vinutí.
LED	Light Emitting Diode, dioda emitující světlo.
m [kg]	hmotnost primárního dílu motoru.
m_{sec} [kg]	hmotnost sekundárního dílu motoru.
Nd	chemická značka neodymu.
NTC	Negative Temperature Coefficient, negativní teplotní koeficient.
PWM	Pulse Width Modulation, pulzně šířková modulace.
R_{u-v} [Ω]	odpor vinutí motoru při 20°C.
ROM	Read-Only Memory, elektronická paměť s obsahem daným při výrobě.
SERCOS	Seriál Real-Time Communication Systém, optické rozhraní s velkým počtem I/O.
TTL	tranzistorově-tranzistorová logika.
U_{BUS} [V]	stejnosměrné napětí meziobvodu měniče kmitočtu, pro které je motor vyroben.
UL-CSA	Underwrites Laboratories-Canadian Standarts Association, celosvětově používané národní i mezinárodní předpisy.
v_1 [m/s]	rychlost motoru při proudu I_1 a síle F_1 . Hodnoty F_1 , I_1 a v_1 určují návrhový bod motoru.
v_L [m/s]	teoretická rychlost naprázdno.
ΔP_1 [W]	ztráty motoru odpovídající síle F_1 při teplotě vinutí 130°C.
ΔP_{NC} [W]	ztráty motoru odpovídající síle F_{NC} při teplotě vinutí 130°C.
ΔP_{wc} [W]	ztráty motoru odpovídající síle F_{wc} při teplotě vinutí 130°C.
ΔP_{wc1} [W]	ztráty motoru odpovídající síle F_{wc1} při teplotě vinutí 130°C.
ΔP_{wc2} [W]	ztráty motoru odpovídající síle F_{wc2} při teplotě vinutí 130°C.
τ_{el} [ms]	elektromagnetická časová konstanta motoru.

Seznam ilustrací

- Obr. 1.1 Evoluce rotačního motoru na lineární motor
- Obr. 1.2 Lineární motor LM1S050 – 326 – 26
- Obr. 1.3 Fyzikální princip lineárního motoru
- Obr. 1.4 Působení parazitních přídržných sil
- Obr. 1.5 Typový klíč lineárních motorů VUES Brno a. s.
- Obr. 1.6 Připevňovací plocha a rozměry lineárního motoru LM1S050 – 326 – 26
- Obr. 1.7 Primární díl L1S050P – 1708 – GL – Z1 lineárního motoru LM1S050 – 326 – 26
- Obr. 1.8 Silová charakteristika motoru
- Obr. 2.1 Blokové schéma stanoviště
- Obr. 2.2 Stanoviště pohonu s lineárním motorem LM1S050 – 326 – 26
- Obr. 2.3 Měnič SCE904
- Obr. 2.4 Schéma zapojení obvodu s použitím NTC termistoru
- Obr. 2.5 Přídavná karta OCE950 – 501 - 01
- Obr. 2.6 Zapojení konektoru J51 přídavné karty OCE950
- Obr. 2.7 Snímač polohy Renishaw RGH22 D50D00
- Obr. 2.8 Blok ovládání a signalizace
- Obr. 3.1 Vývojové prostředí IDE950
- Obr. 3.2 Vývojové prostředí IDE950 a Terminal emulator
- Obr. 4.1 Zadaná trajektorie
- Obr. 4.2 Fyzikální princip lineárního motoru
- Obr. 4.3 Blokové schéma stanoviště

Seznam tabulek

- Tab. 1.1 Důležité parametry motoru
- Tab. 2.1 Přenosová rychlost v závislosti na délce kabelu

Úvod

Principy konstrukce lineárních motorů jsou známy téměř stejně dlouhou dobu jako u strojů rotačních, ale zůstávalo pouze u patentů, výroby prototypů nebo stavby technických specialit. První patent indukčního lineárního motoru byl podán již v roce 1841 anglickým fyzikem a vynálezcem Charlesem Wheatsonem, avšak pro svou technickou nedokonalost nenalezl praktické uplatnění. První provozuschopný lineární motor byl patentován v roce 1905, německým vědcem Alfredem Zelenem. První lineární motor, který by mohl být reálně nasazen do praxe, byl vyvinut v roce 1935 německým fyzikem Hermanem Kemperem. Tento typ našel uplatnění až na začátku druhé světové války v armádním průmyslu, byl použit u leteckých katapultů na válečných lodích.

Cílem diplomové práce je sestavení a zprovoznění stanoviště s lineárním synchronním motorem s permanentními magnety. Dále jsou pro toto stanoviště vytvořeny programy pro řízení pohonu, ověřena funkčnost vytvořených programů a na základě těchto vytvořených programů je vypracován vzorový protokol pro laboratorní úlohu.

V první části práce je popsán princip činnosti pohonu s lineárním synchronním motorem s permanentními magnety a jeho konstrukce.

V druhé části je popsáno sestavení stanoviště. Stanoviště je sestaveno v laboratoři PorEB016 a pro jeho sestavení byly k dispozici následující komponenty: lineární synchronní motor s permanentními magnety LM1S050 – 326 – 26 od firmy VUES Brno a. s., optický lineární snímač polohy Renishaw RGH22 D50D00, kompaktní měnič SCE904 od firmy Pacific Scientific osazený přídatnou programovací kartou OCE950, blok ovládání a signalizace, notebook a část kabeláže potřebné pro uvedení celého stanoviště do provozu.

Ve třetí části jsou vytvořeny a ověřeny programy pro řízení pohonu. Programy pro řízení pohonu jsou vytvořeny ve vývojovém prostředí Pacific Scientific 950 Development Environment (IDE950), které je přímo určeno pro programování používaného měniče a pro komunikaci s nadřazeným počítačem (notebookem). Pro tvorbu programů byly k dispozici části programů z roku 2006, tyto sloužily pro ovládání stanoviště, které bylo sestaveno ve starých laboratořích katedry elektroniky. Staré části kódů byly zapracovány do nových programů pro řízení pohonu. Cílem bylo zachovat tyto kódy, uvést je do provozu a aplikovat na novém pracovišti.

Ve čtvrté části je vypracován vzorový protokol pro laboratorní úlohu na základě vytvořených programů. Spolu se vzorovým protokolem je vytvořen manuál pro ovládání celého stanoviště jak po hardwarové, tak po softwarové stránce.

1. Princip činnosti pohonu s lineárními motory

Základní typy lineárních pohonů

Rozdělení lineárních motorů podle konstrukčního provedení:

- s pohyblivou primární nebo sekundární částí,
- s krátkou primární nebo sekundární částí,
- ploché nebo tubulární,
- jednostranné nebo oboustranné.

Rozdělení lineárních motorů podle způsobu přeměny elektrické energie na mechanickou:

- lineární pohony s točivými motory s elektromagnetickou přeměnou a mechanickým převodem točivého pohybu na lineární
- lineární pohony s lineárními motory s elektromagnetickou přeměnou
- lineární pohony s piezoelektrickými aktuátory

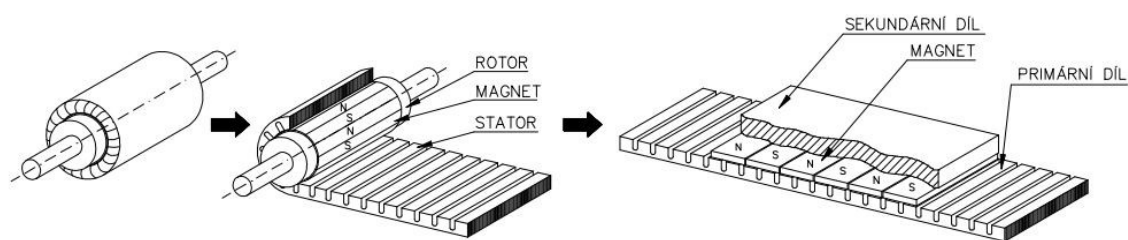
Rozdělení lineárních motorů podle principu funkce:

- asynchronní (s kotvou nakrátko, s kotvou kroužkovou),
- synchronní (elektricky komutované),
- stejnosměrné (statorové vinutí, permanentní magnety),
- krokový (unipolární, bipolární).

Konstrukce střídavých lineárních motorů

Z důvodu zaměření diplomové práce se budu dále zabývat pouze synchronními a asynchronními lineárními motory.

Lineární motor si můžeme představit jako klasický synchronní nebo asynchronní motor rozvinutý do roviny (Obr. 1.1).



Obr. 1.1 Evoluce rotačního motoru na lineární motor [2]

U lineárních motorů je jako stator zpravidla označován primární díl a jako stator sekundární díl. Primární díl je stejně jako u klasických rotačních strojů tvořen feromagnetickým svazkem, který je složený elektrotechnických plechů a trojfázového vedení uloženého v jeho drážkách. U synchronních motorů je proti primárnímu dílu konstrukčně uspořádán sekundární díl (magnetická dráha), ten je tvořen permanentními magnety ze vzácných zemin, které jsou nalepeny na ocelovou podložku. U asynchronních motorů je sekundární díl tvořen klecí nakrátko, která je uložena do drážek feromagnetického svazku nebo je připevněna na ocelovou podložku poháněného zařízení. Sekundární díl tvoří zpravidla delší část stroje. O tom, který díl motoru se bude pohybovat, rozhoduje konstrukce poháněného zařízení. Ve většině konstrukcí se pohybuje primární díl po dráze, kterou tvoří libovolný počet sekundárních dílů, takové uspořádání vyžaduje pohyblivý napájecí kabel a kabel snímače polohy. V případě, že je použito vodní chlazení, je nutný také pohyblivý přívod a odvod chladicí kapaliny. [2] [6]

Pohon s lineárním motorem LM1S050 – 326 – 26

Lineární motor LM1S050 – 326 – 26 je výrobek firmy VUES Brno a. s. Firma je zaměřená zejména na kusovou a malosériovou výrobu speciálních střídavých elektrických strojů a pohonů.

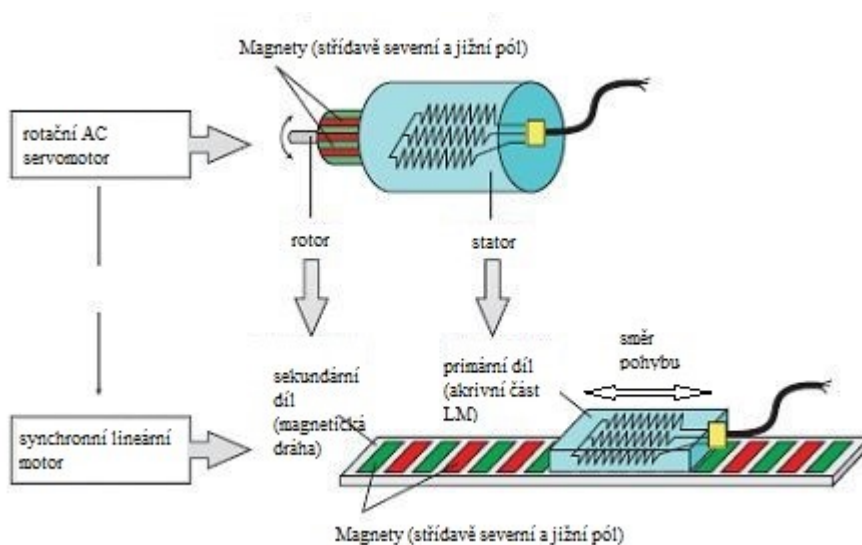
Jedná se o trojfázový synchronní servomotor s rozloženým vinutím na primární části buzené permanentními magnety typu Nd-Fe-B, které jsou součástí sekundární části lineárního motoru. Součástí pohonu je zpětnovazební polohové čidlo, které umožňuje přesný lineární pohyb a přenos síly při zachování vysoké dynamiky pohonu. Chlazení primárního dílu je zajištěno přirozeným chlazením povrchu motoru, integrovaným nebo přídavným vodním chlazením. Standartní provedení těchto typů motorů je o síle 50 až 8000 N, rychlosti posuvu od 0,01 mm/s do 15m/s a modul o šířce aktivní plochy 25 – 160 mm. [4]



Obr. 1.2 Lineární motor LMIS050 – 326 – 26

1.3.1 Princip činnosti

Lineární synchronní motor je možné si představit jako klasický točivý motor, který pracuje na indukčním principu, kdy je rotor i stator rozvinutý do roviny a tím odpadá potřeba připojení zprostředkujícího převodního mechanismu. Motory jsou většinou uzpůsobeny pro napájení z vektorových řízených měničů kmitočtu. [6] [11]



Obr. 1.3 Fyzikální princip lineárního motoru [1]

Stator je zde označen jako primární díl a je obdobou klasických strojů. Jeho konstrukčním materiálem je feromagnetický svazek, který je složený z elektrotechnických plechů a trojfázového vinutí uložených v jeho drážkách. Primární díl je buzen permanentními magnety. Rotor označován jako sekundární díl je tvořen permanentními neodymovými magnety (Nd – Fe - B) se špičkovými magnetickými parametry. Tyto permanentní magnety jsou nalepeny na ocelové podložce. Sekundární díl lze označit jako magnetickou dráhu a její délka závisí na konkrétní aplikaci. Sekundární díl tvoří ve většině případů delší část stroje, kterou lze sestavovat do určitých délek. O tom, která část se má pohybovat rozhoduje konstrukční uspořádání, v naprosté většině konstrukcí, ale platí, že se pohybuje primární díl (jezdec) po dráze, která je tvořena libovolným počtem sekundárních dílů. Sekundární díly se zpravidla vyrábí v segmentech o délkách od 192 mm do 512 mm. [1] [6] [11]

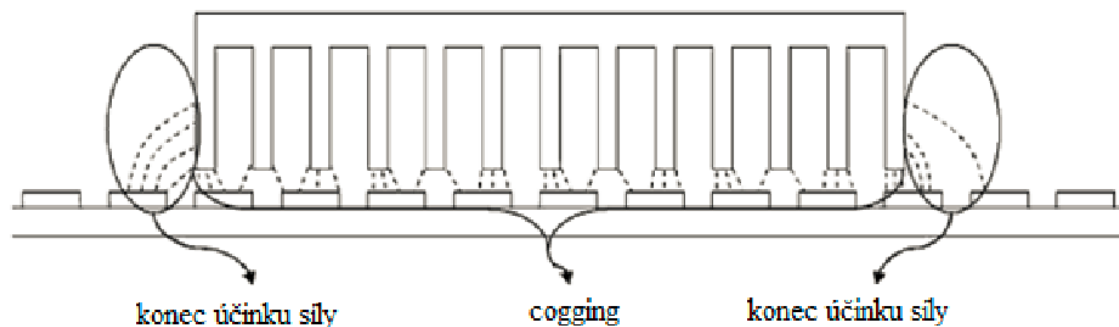
Přivedením proudu do obvodu vznikne mezi primárním dílem a sekundárním dílem magnetické pole, které pohybuje jezdce. Změnou úrovně proudu je možné měnit rychlost tohoto pohybu. Nevýhodou těchto typů motorů je nutnost přivedení napájecích kabelů, kabelů snímačů polohy a chladicí kapaliny. Tyto přívody je nutné vhodným způsobem chránit proti poškození a dále také zajistit plynulý pohyb primárního dílu motoru. Většinou je tento problém vyřešen řetězcem, který chrání kabely a zajišťuje plynulý pohyb jezdce. [1] [6] [11]

Existují i lineární synchronní motory s primárním dílem bez feromagnetických materiálů. Tyto motory se využívají především v provozech, které jsou náročné na rychlost posuvu. Dosahují vysoké efektivity díky téměř nulové přitažlivé síle, absenci pulsací tažné síly a výsledná hmotnost je nižší než u jiných typů motorů. Jedinou nevýhodou je pouze nižší výsledná síla, kterou je schopen motor vyvinout. [11]

K regulaci se využívá číslicový regulátor s kaskádním uspořádáním třech zpětných vazeb (vnitřní proudová, střední rychlostní, vnější polohová). Do obvodu bývá zapojena i smyčka zrychlení. [11]

Nerovnoměrnost chodu motoru (Cogging)

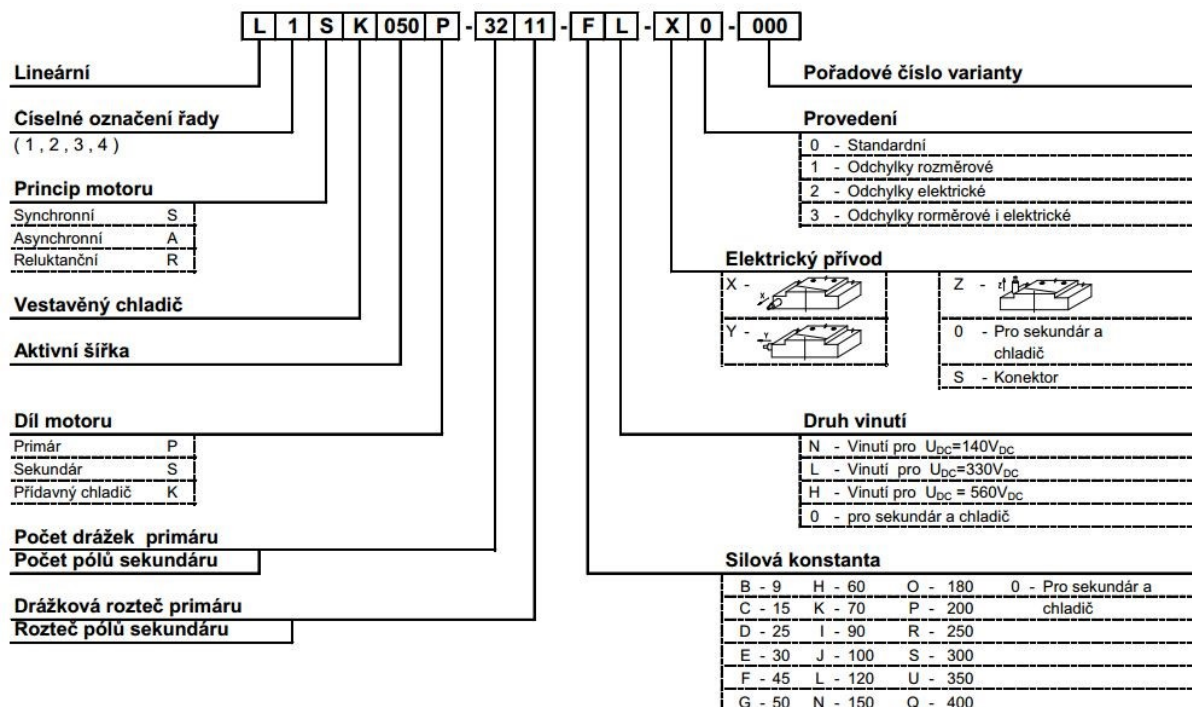
U synchronních motorů se objevují tzv. parazitní přídržné síly. Ty jsou vyvolány vzájemným působením hran permanentních magnetů primárního dílu a zubů sekundárního dílu. Když je napájen primární díl a cívkami prochází proud, tak tyto parazitní síly působí ve stejném směru, jako přitažlivá síla mezi primárním a sekundárním dílem. U lineárního motoru s krátkým primárním dílem se navíc objevují podélné okrajové (či koncové) efekty (Obr. 1. 4). Souhrn těchto jevů zhoršuje vlastnosti lineárního motoru, zejména co se týče generování tažné síly ve směru pohybu a účinnosti. Dále způsobuje nerovnoměrnost chodu (tzv. cogging) a tím ovlivňuje přesnost řízení pohonu. Zároveň s nepravidelnostmi ve vzduchové mezeře způsobují též mechanické vibrace a hluk. [6]



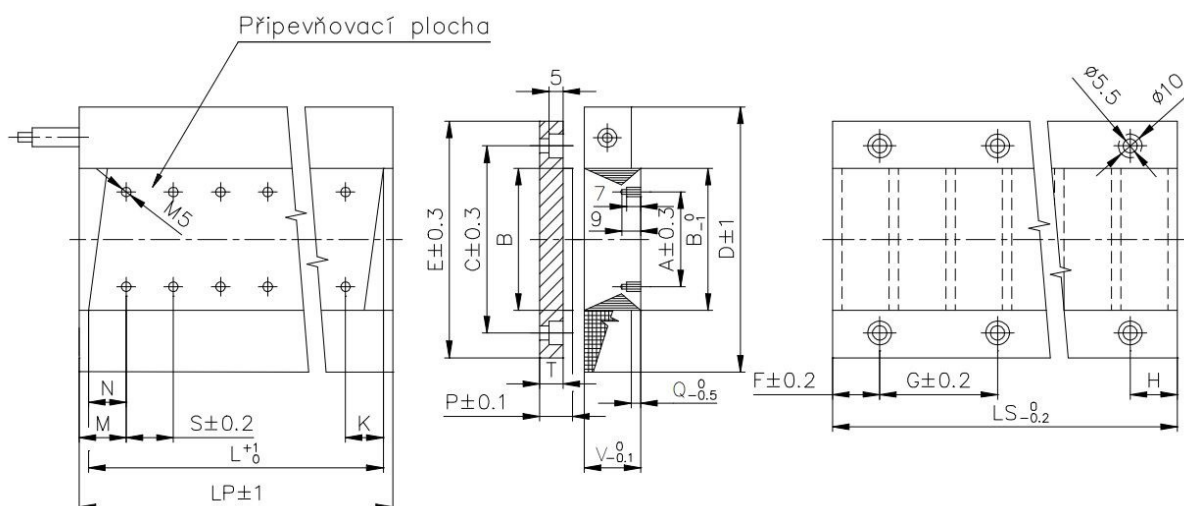
Obr. 1.4 Působení parazitních přidržných sil [6]

1.3.2 Technická specifikace motoru

Kompletní lineární motor LM1S050 – 326 – 26 je uložen na základové desce se snímačem polohy a lineárním vedením včetně příslušenství. Motor sestává z primárního dílu L1S050P – 1708 – GL – Z1 a sekundárního dílu L1S050S - 1024.



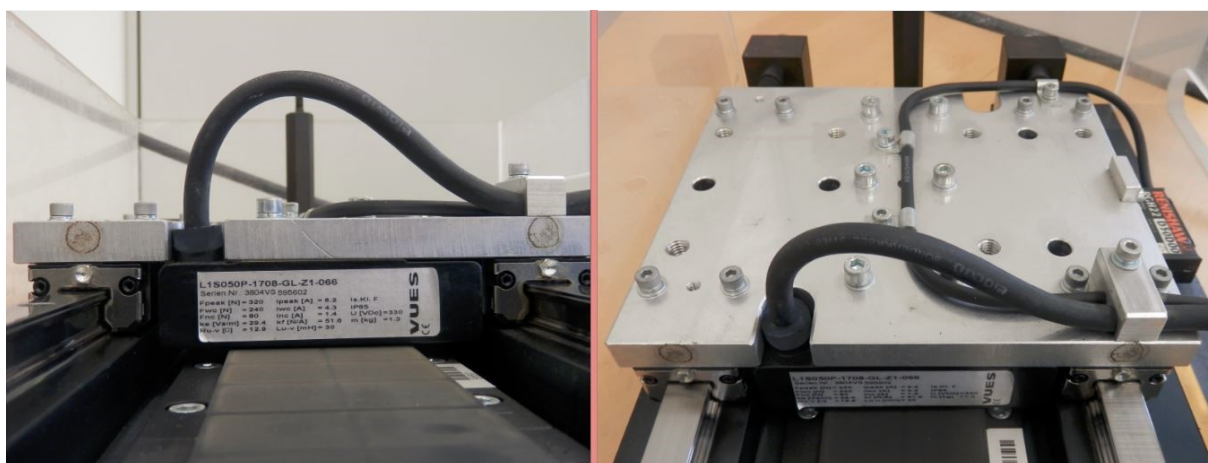
Obr. 1.5 Typový klíč lineárních motorů VUES Brno a. s. [12]



Obr. 1.6 Připevňovací plocha a rozměry lineárního motoru LMIS050 – 326 – 26 [9]

L1S050P – 1708 – GL – Z1

- Lineární synchronní motor bez aktivního chladiče.
- Aktivní šířka – 50 mm.
- Díl motoru – primární.
- Počet drážek primárního dílu – 17.
- Drážková rozteč primárního dílu – 8 mm.
- Silová konstanta – 50.
- Druh vinutí – vinutí pro $U_{DC} = 330 \text{ V}_{DC}$
- Provedení – odchylky rozměrové.



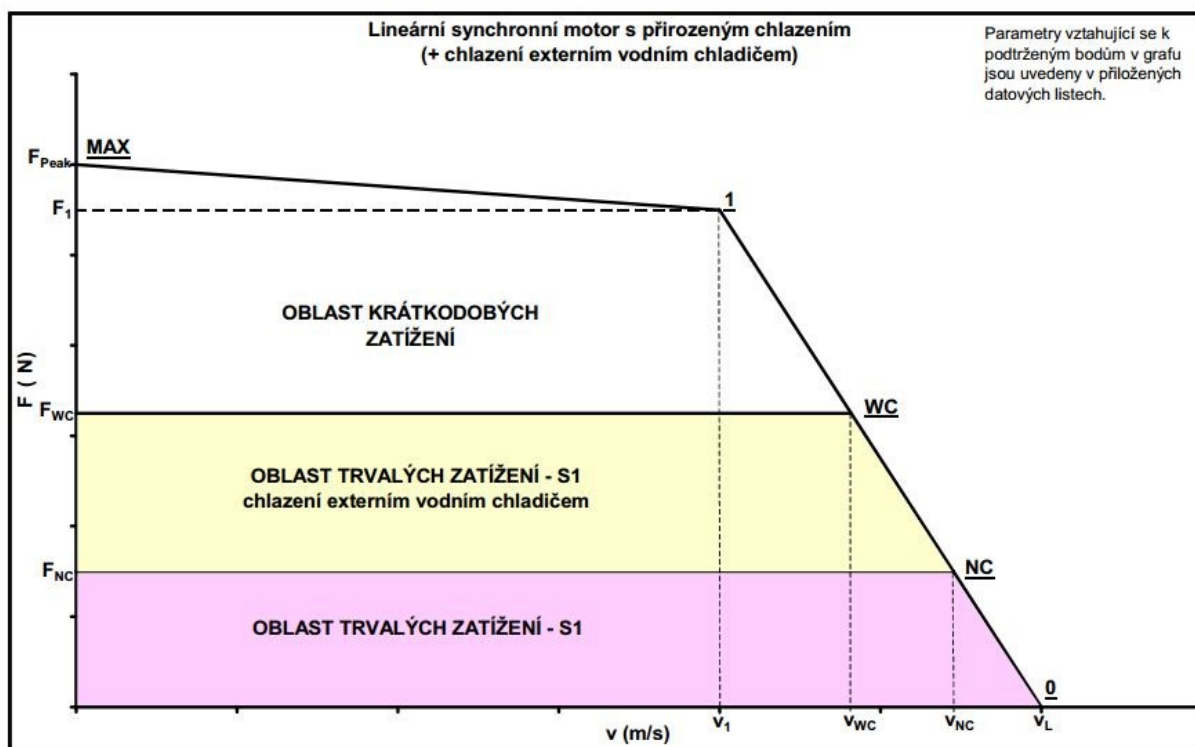
Obr. 1.7 Primární díl L1S050P – 1708 – GL – Z1 lineárního motoru LMIS050 – 326 – 26

L1S050S - 1024

- Lineární synchronní motor.
- Aktivní šířka – 50 mm.
- Díl motoru – sekundární.
- Počet pólů sekundárního dílu – 10.
- Rozteč pólů sekundárního dílu – 24.

Tab. 1.1 Důležité parametry motoru [9]

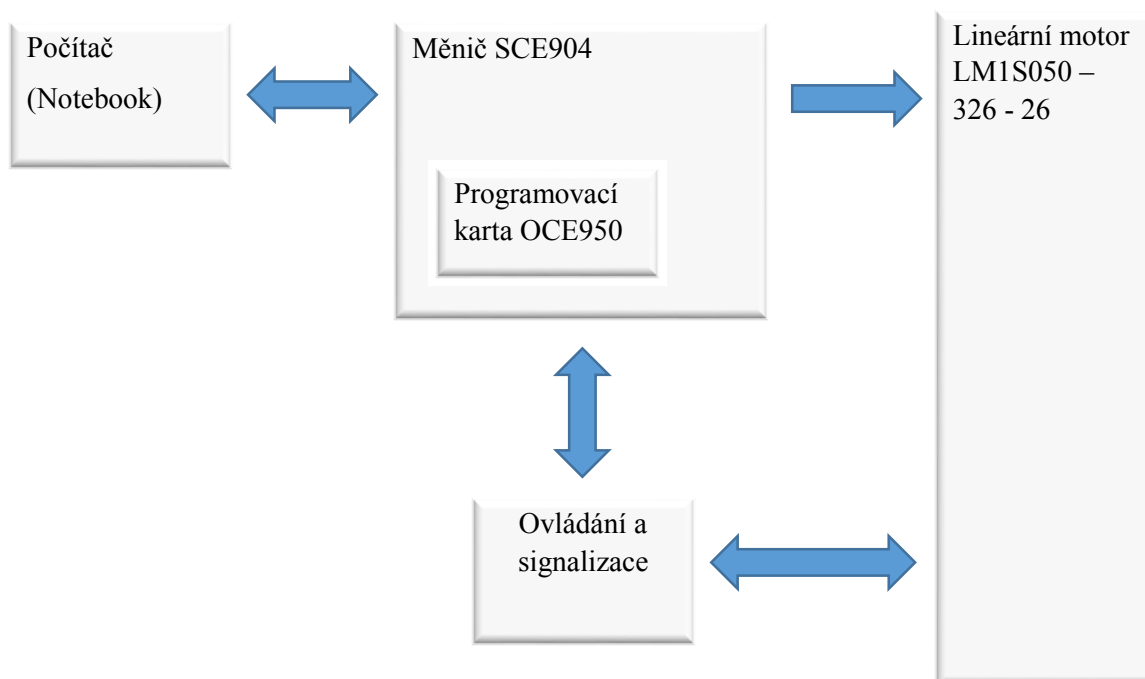
Typ	F_{peak}	I_{peak}	F_1	I_1	v_1	f_1	ΔP_1
	[N]	[A]	[N]	[A]	[ms-1]	[Hz]	[W]
L1S050P - 1708 - HH	480	12	225	4,1	6,7	139	446
	F_{wc}	I_{wc}	v_{wc}	ΔP_{wc}	F_{nc}	I_{nc}	V_{nc}
	[N]	[A]	[ms-1]	[W]	[N]	[A]	[ms-1]
	240	4,3	7,7	405	96	1,7	10
	ΔP_{nc}	F_{a}	I_{ult}	k_{f}	$R_{\text{u-v}}$	$L_{\text{u-v}}$	τ_{el}
	[W]	[N]	[A]	[NA-1]	[Ω]	[mH]	[ms]
	80	1700	14	60	12,9	3	2,8



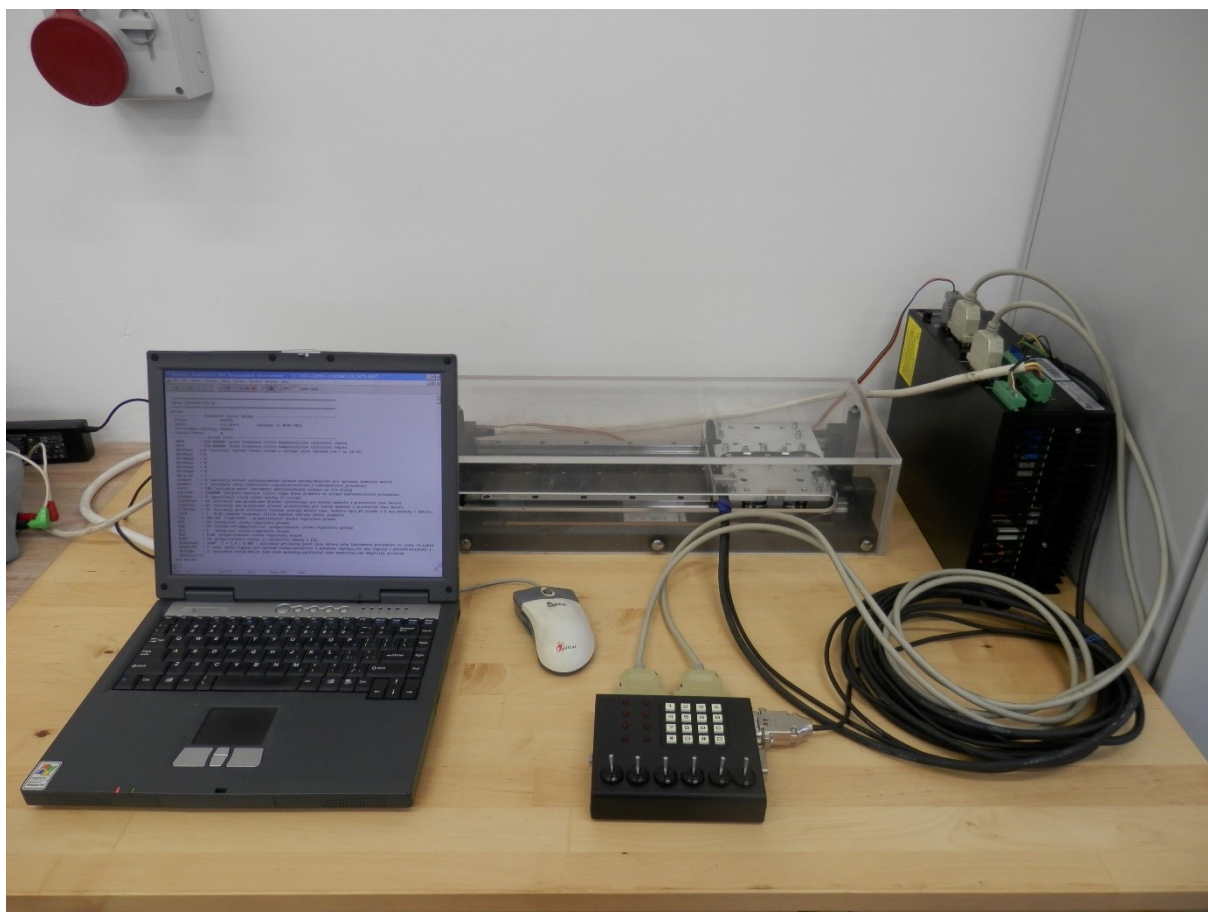
Obr. 1.8 Silová charakteristika motoru [9]

2. Stanoviště pohonu s lineárním motorem LM1S050 – 326 – 26

Stanoviště se skládá z počítače (notebooku), měniče SCE904 osazeného blokem OCE950 – 501 – 01, lineárního motoru LM1S050 – 326 – 26, bloku ovládání a signalizace.



Obr. 2.1 Blokové schéma stanoviště



Obr. 2.2 Stanoviště pohonu s lineárním motorem LMIS050 – 326 – 26

Počítač

Použit mohl být prakticky jakýkoliv počítač, který je vybavený sériovým rozhraním RS232 a operačním systémem Microsoft Windows XP, Vista nebo Windows 7, u jiných nebo novějších operačních systémů dochází k problémům s kompatibilitou. Počítač musí být dále vybaven vývojovým prostředím IDE950 pro měniče společnosti Pacific Scientific řady SCE900 vybavené programovací kartou OCE950 od stejné společnosti.

Měnič SCE904

Jedná se o kompaktní měnič řady SCE900, který je určen pro napájení a řízení bezkartáčových synchronních motorů s permanentními magnety. Tyto měniče lze provozovat též s lineárními synchronními motory. [8]

Regulační a řídicí obvody měničů SCE nabízí široké možnosti pro řešení velkého rozsahu úloh z oblasti elektrických servopohonů. Všechny digitální funkce jsou dostupné již u základního modelu bez nutnosti instalace přídatných (option) karet. Pouze pro uvedení do provozu se předpokládá dočasné

použití karty sériové komunikace OCE. Všechny parametry měniče se nastavují pomocí počítače a uživatelského softwaru. [8]



Obr. 2.3 Měnič SCE904

Charakteristické vlastnosti:

- Kompaktní celek bez nutnosti dalších komponentů.
- Certifikace CE.
- Vybaven digitálním signálovým procesorem (DSP).
- Standardní digitální a analogové rozhraní:
 - ± 10 V analogové rozhraní pro řízení otáček nebo momentu,
 - krok a směr pro řízení otáček nebo momentu,
 - vstup pro připojení inkrementálního snímače zpětné vazby,
 - simulovaný enkodervý výstup s 16 384 impulsy za jednu otáčku.
- Vyměnitelné přídatné karty:
 - sériové rozhraní RS232 nebo RS485,
 - optické rozhraní SERCOS pro víceosé systémy s velkým počtem I/O,
 - Servo BASIC*Plus*® - programovatelné polohové řízení.
- Všechny systémové a aplikační parametry jsou uloženy v paměti EEPROM.
- Digitální optimalizace umožňující snadné uvedení do provozu.
- Zpětná vazba s resolverem pro zajištění komutace motoru.
- Digitální a analogové I/O.
- Komfortní proudová ochrana a snadná diagnostika měniče.
- Technologie PWM s vysokou modulační frekvencí.
- Dvounásobné proudové přetížení (max. 5 s).
- Uživatelský software pro parametrizaci na bázi Windows.
- Splňuje UL a CSA předpisy.

2.2.1 Vlastnosti měniče

Měnič SCE904 je osazený blokem s přídatnou kartou OCE950 – 501 – 01. Měnič obsahuje jeden signálový procesor, který vytváří proud a realizuje otáčkovou a polohovou smyčku, tím zajišťuje regulaci pohonu. Nastavení všech systémových a aplikačních parametrů se provádí prostřednictvím uživatelského softwaru, což zvyšuje spolehlivost a umožňuje opakovatelnost nastavení. Integrovaný brzdňý spínač umožňuje připojení brzdného odporu a nasazení měniče v dynamicky náročných aplikacích. Přímé připojení motorového a resolverového kabelu do měniče přechází nežádoucím poruchám při uvádění do provozu. [8] [10]

Měnič je vybaven několika standardními rozhraními. Analogové rozhraní ± 10 V pro zadávání rychlosti nebo momentu, dále pak inkrementálními rozhraními pro rychlost a polohování. [8]

Základní výbavu tvoří polohové a pulsní řízení. Osa sledující signál z inkrementálního snímače tvoří hlavní osu. Řízení servopohonu v otáčkové nebo polohové vazbě umožňují dvě standardní rozhraní pro

krokování: *Step/Direction* a *Step Up/ Step Down*. S využitím těchto vstupů lze pracovat v „*electric gearing follower mode*“. [8]

Přídavná karta OCE950 – 501 – 01 zvyšuje aplikační možnosti a rozšiřuje funkce základní jednotky SCE904. Pro prvotní nastavení a uvedení do provozu je nutná tato přídavná karta sériové komunikace. Po nastavení a uvedení do provozu může být tato vyjmuta. Karta také může sloužit pro uložení parametrů a pro jejich opakované nastavení. V neposlední řadě také dovoluje aktualizaci (upgrade) softwaru. [10] [8]

DRDC (Digital Resolver – to – Digital Converter)

Jedná se o zdokonalený patent DRDC. Představuje 24 bitové rozlišení polohy v rámci jedné otáčky. Takto vysoké rozlišení umožňuje velmi přesné digitální řízení, ale také analogové řízení s výhodou přesného a opakovatelného nastavení polohy jako řízení digitální. [8]

Řízení proudu

Měniče SCE využívají patentované řízení proudu pro bezkartáčové synchronní motory. Tato modulační technologie významně snižuje zvlnění momentu způsobené vyššími harmonickými. Elektromagnetické zvlnění momentu je omezeno na $\pm 2\%$. Toto umožňuje realizovat stroje s velkou přesností. [8]

Plně digitální řízení

Spojení technologií DSP, DRSC a ASIC (Application Specific Integrated Circuits) přináší řadu výhod. Zejména snížení počtu použitých součástek, zvýšení spolehlivosti, odstranění analogových driftů, zmenšení rozměrů celého měniče a také je potřeba zohlednit ekonomické hledisko. [8]

Automatické nastavení

Touto funkcí je umožněno rychlé a snadné nastavení provozních parametrů měniče. Bez použití osciloskopu a dalších měřicích přístrojů systém sám provede některá potřebná nastavení. [8]

Výkonový stupeň s IGBT a PWM

Použitím IGBT tranzistorů ve výkonovém stupni a jejich řízením metodou PWM v pásmu nad slyšitelnými frekvencemi je dosaženo efektivního chodu motoru a sníženého hluku vlivem PWM. [8]

I/O obvody

- +/- 10 V rozdílový analogový vstup,
- Dva analogové monitorovací výstupy +/- 5 V,
- šest digitálních programovacích I/O, logické úrovně TTL (5 V nebo 24 V),
- inkrementální enkodérový výstup,
- inkrementální enkodérový vstup (*Step/Direction* a *Step Up/ Step Down*),
- vstup ENABLE,
- pomocný napěťový výstup +5 V/200 mA.

Pracovní vlastnosti

- plně digitální řízení polohy, otáček a momentu,
- výkonová část osazená IGBT tranzistory s PWM modulací,
- kryt kompaktně uzavřený, vhodný i pro montáž do rozvaděče.

Nastavení

- parametrizace pomocí softwaru pracujícím pod MS Windows.

Ochrana a diagnostika pohonu

- sedmi-segmentový LED displej,
- omezení proudového nárazu při zapnutí měniče,
- zkratuvzdorná výkonová část,
- tepelná ochrana motoru,
- sledování $I * t$,
- nastavitelná podnapěťová ochrana,
- přepěťová ochrana, zabudovaný brzdňý obvod.

Servoměnič má oddělené napájení silové a řídicí části (Obr. 3.3).

Silová část: 3 x 400 V_{AC} + 32% - 55%, 50/60 Hz - konektor J1.

Řídicí část: 1 x 230 V_{AC} + 10% - 55%, 50/60 Hz - konektor J6.

2.2.2 Prevence poškození

Reset

Před vynulováním poruchy za použití vstupu Fault Reset nebo před použitím příkazu FaultReset je nutné odstranit její příčinu a ujistit se, že reset nezpůsobí žádné nebezpečí. [8]

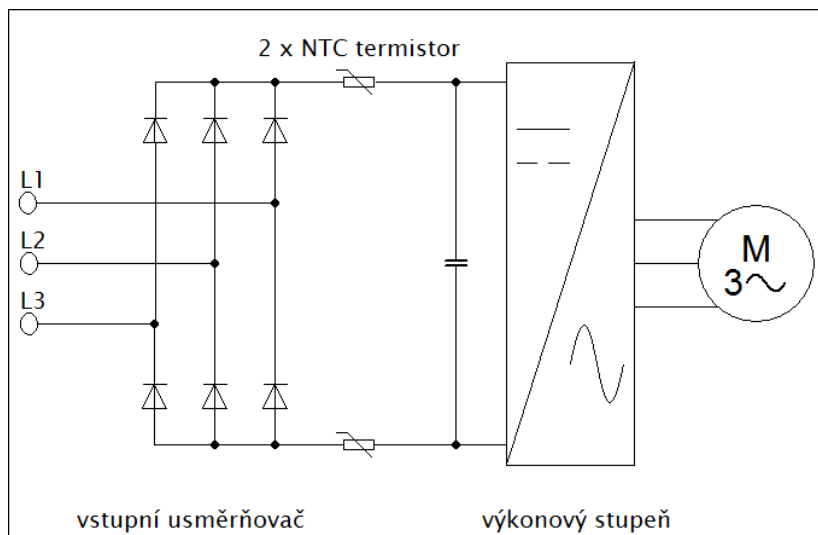
Opětovné připojení napájení

Není vhodné odpojit a ihned znovu připojit servoměnič k napájecímu zdroji. Je nutné zajistit, aby mezi odpojením a připojením napájení na konektor J1 byla prodleva minimálně tři minuty. Tato doba je potřebná k ochladnutí NTC termistorů, protože po zapnutí servoměniče dochází (vlivem nabíjecího proudu kondenzátoru) k zahřívání termistoru, tím klesá jeho odpor a zvyšuje se procházející proud. Takto NTC termistor omezuje proudový náraz. [8] [10]

Termistory jsou součástí obvodu pro omezení proudového nárazu při připojení měniče k napájecí síti. V elektrickém obvodu servoměniče jsou mezi vstupním usměrňovačem a kondenzátor DC meziobvodu zařazeny dva termistory (Obr. 3.4). Po zapnutí servoměniče dojde k omezení proudových špiček, které vznikají při nabíjení kondenzátoru. Tento slouží pro vyhlazení usměrněného napětí a je zdrojem krátkodobého špičkového výkonu pro potřeby servopohonu. Při strmém brzdění motoru je schopen pojmout část vrácené energie. [8]

V okamžiku připojení DC meziobvodu vznikají velké proudové špičky vlivem nabíjení kondenzátoru. Celkový odpor obvodu je v tomto případě dán pouze odporem vodivé cesty a vnitřním odporem napájecího zdroje (sít', transformátor, usměrňovač). [8]

Použití NTC termistoru představuje u malých servopohonů (asi do 7 kW) výhodnou variantu pro zvýšení odporu obvodu v okamžiku sepnutí. Toto řešení je jednoduché, cenově dostupné a vysoce spolehlivé. Problémy mohou nastat v případech, kdy je teplota okolí vysoká, nebo pokud je čas cca tři minuty příliš dlouhý pro danou aplikaci. [8]



Obr. 2.4 Schéma zapojení obvodu s použitím NTC termistoru [8]

Přídavná karta

Jde o základní řadu programovacích karet OCE950 (zde použit typ OCE950 – 501 - 01) umožňující naprogramování měniče. Podle ostatních karet má nejmenší paměťový prostor a vybavena pouze základní verzí firmware, kvůli tomuto není možné využití funkcí, jako jsou komunikační protokoly Modbus, které využívají sériové rozhraní RS232 nebo RS485.

Typové značení přídavné karty

OCE950 – 501 – 01

OCE = verze karty

OCx = přídavná karta

xxE = evropská CE verze

950 = druh přídavné karty (programovatelné polohování)

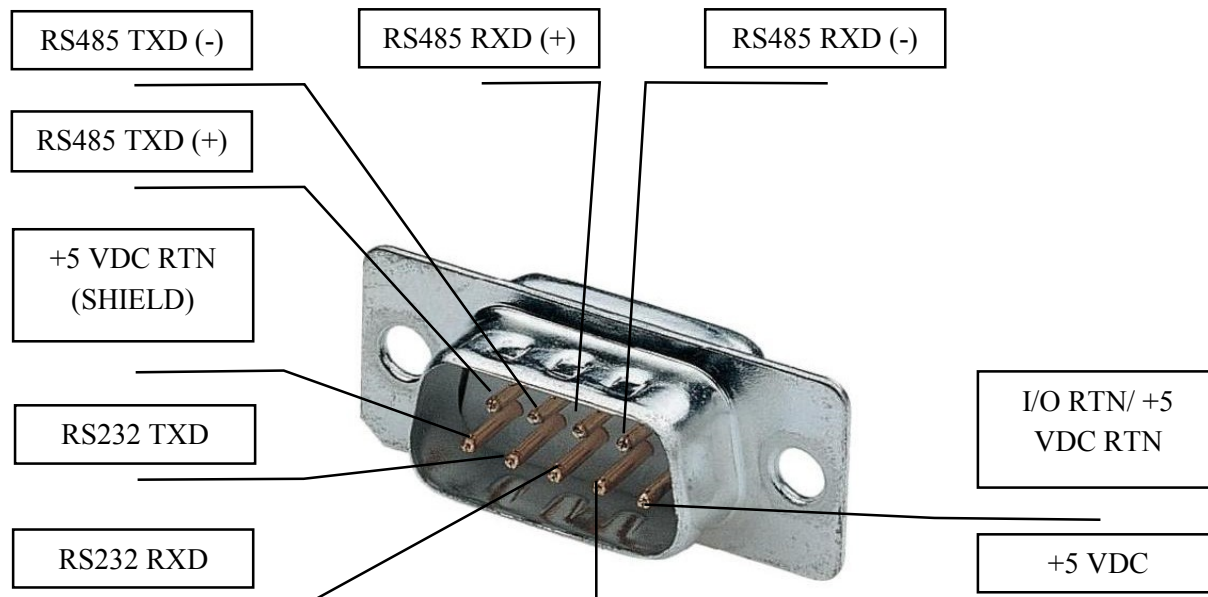
501 = konstrukce měniče (zde nestandardní zákaznická verze)

01 = specifikace softwaru (zde aktualizovaný základní firmware)



Obr. 2.5 Přídavná karta OCE950 – 501 - 01

Dále je tato programovací karta vybavena dvěma konektory, které slouží k připojení nadřazeného počítače přes sériové rozhraní RS232 nebo RS485 (konektor J51 - CANON 9) a připojení maticové klávesnice (konektor J52 – CANON 25). [8] [10]



Obr. 2.6 Zapojení konektoru J51 přídavné karty OCE950

V této aplikaci je pro komunikaci s nadřazeným počítačem použito rozhraní RS232. Standart RS232 uvádí pro maximální přenosovou rychlost 19 200 Bd maximální možnou délku kabelu 15 m nebo celkovou délku vodiče o kapacitě 2500 pF. Při použití nejkvalitnějších dostupných vodičů lze dodržet standart maximální rychlosti přenosu dat a při zachování jmenovité kapacity prodloužit vzdálenost teoreticky až na délku cca 50 m. Při snížené přenosové rychlosti je možné délku kabelu prodloužit. [10]

Údaje uvedené v tabulce Tab. 3.1 jsou důležité při psaní nového kódu ve vývojovém prostředí IDE950, kde jsou tyto vyžadovány vývojovým prostředím vyžadovány při zadávání parametrů aplikace.

Tab. 2.1 Přenosová rychlost v závislosti na délce kabelu

Přenosová rychlost	Délka kabelu
[Bd]	[m]
19 200	15
9 600	150
4 800	300
2 400	900

Další konektor J52 je vybaven 21 I/O branami a zdrojem napětí +5 V. Každou I/O bránu je možné zatížit maximálním proudem 100 mA. Program měniče má plný přístup k monitorování a ovládání každé I/O brány, jediná výjimka je u brány I/O20, tato slouží k ukončení programu v případě, kdy je využívána sériová komunikace (parametr Runtimeprotocol je nastaven na jinou hodnotu než nula). Zdroj napětí +5 V je společný pro všechny konektory přídavné programovací karty i měniče, jeho maximální zatížení je 200 mA. Protože je z něj napájeno i inkrementální čidlo polohy běžce motoru (odběr 120 mA) je nutné v případě jeho dalšího využití s touto skutečností počítat. [10]

Lineární motor LM1S050 – 326 – 26

Všechny důležité informace o použitém lineárním motoru, princip činnosti a technická data jsou uvedena v kapitole 1.3 Pohon s lineárním motorem LM1S050 – 326 – 26. Další doplňující informace jsou uvedeny v příloze.

Snímač polohy

V aplikaci byl použit optický lineární snímač polohy s inkrementální funkcí Renishaw RGH22 D50D00 s rozlišením 5 μm . Napájecí napětí snímače je 5 V $\pm 5\%$, proudový odběr 120 mA. Výstupem snímače jsou dva kanály posunuté o 90°.



Obr. 2.7 Snímač polohy Renishaw RGH22 D50D00

Blok ovládání a signalizace

Signalizace je umístěna přímo na bloku ovládání a je tvořena osmi červenými LED diodami, které jsou řízeny přes I/O porty na přídatné programovací kartě OCE950 – 501 – 01, tyto diody jsou z portů také přímo napájeny, protože proud, který jsou jednotlivé I/O porty dodat je dostačující k rozsvícení diod. [10]

Blok ovládání je tvořen maticovou klávesnicí a šesti polohovými spínači. Maticová klávesnice je použita z důvodu šetření s používáním I/O portů, protože při použití klasické klávesnice by byl potřeba pro každé tlačítko jeden port. Maticová klávesnice je připojena na konektor J52 přídatné programovací karty. Pět polohových spínačů je připojeno k pinům konektoru přídatné programovací karty (J52.16 – J52.20 proti GND) a jejich funkce je programovatelná, zbývající spínač je připojen přímo na měnič (pin konektoru J4.5 a J4.6) a jeho funkce je dána hardwarově. Tato funkce je blokování střídače měniče. [10]

K bloku ovládání a signalizace je připojen také snímač polohy motoru, tento blok tedy nahrazuje redukci z CANON 25 (konektor J4 motoru) na CANON 15 (konektor na snímači). Ze signálů konektoru J4 jsou z tohoto bloku dále vyvedeny rozhraní BDIO (J4.7 – J4.12), které lze použít jako I/O porty nebo jim lze přiřadit i další různé funkce. Pro plné využití všech těchto vstupů je nutné použít externí zdroj napětí (5 – 30 V). [1]

Předdefinované funkce BDIO

BDIO1 – reset poruchy měniče

BDIO2 – zákaz pohybu motoru kladným směrem

BDIO3 – zákaz pohybu motoru záporným směrem

BDIO4 – nemá standardně přiřazenou funkci

BDIO5 – ovládání brzdy měniče

BDIO6 – indikuje hlavní poruchové stavy měniče



Obr. 2.8 Blok ovládání a signalizace

2.6.1 Princip funkce maticové klávesnice

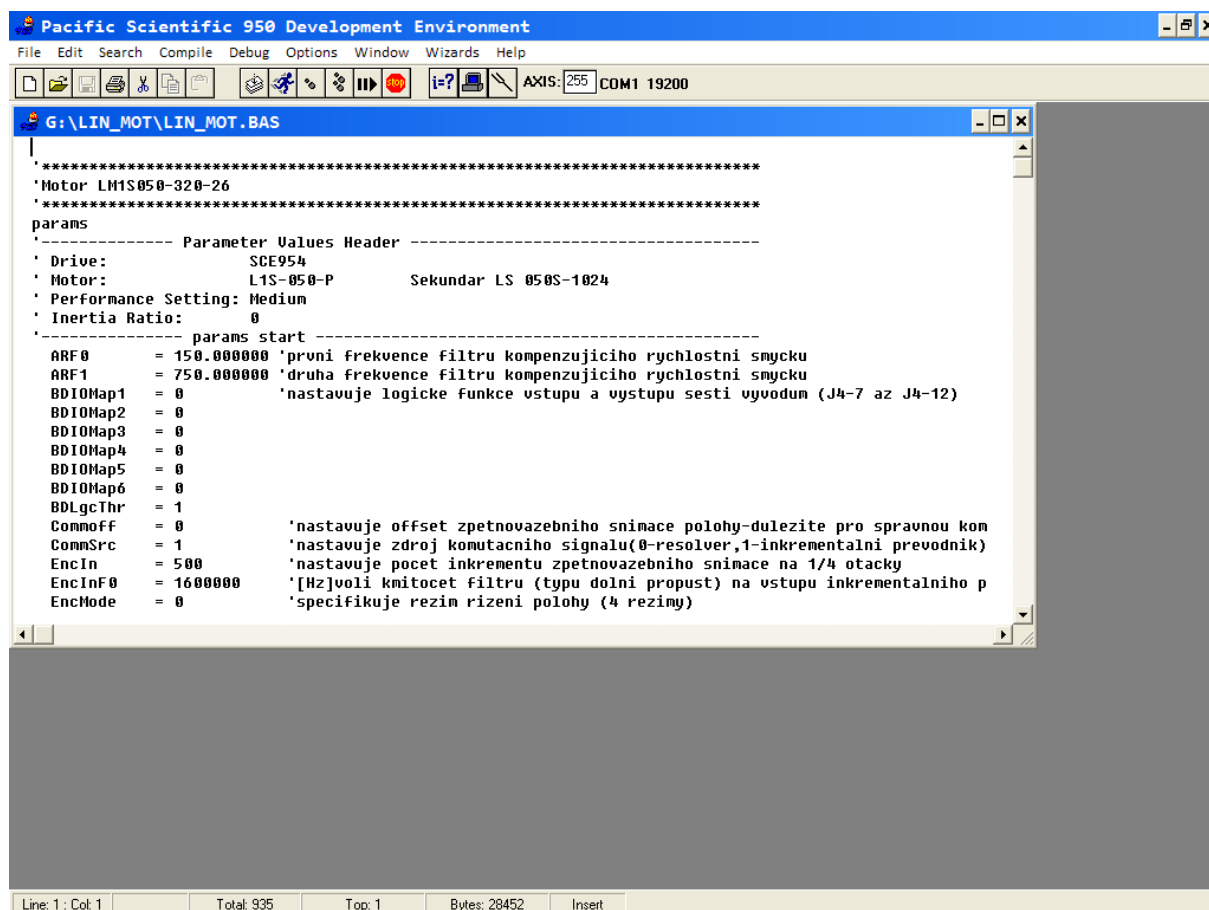
Princip maticové klávesnice spočívá v tom, že po stisku tlačítka dojde ke spojení portu připojenému ke sloupci (S1 – S4) s portem připojeným k řádku (Ř1 – Ř4) a následným softwarovým vyhodnocením, o které tlačítko se jedná. Softwarové vyhodnocení pracuje tak, že v každém sloupci (řádku) je jiná logická úroveň. Tato logická úroveň je během vyhodnocování stisku přivedena na všechny sloupce (řádky) klávesnice. Stiskem tlačítka dojde k připojení této úrovně k portu připojenému k jednomu ze

sloupců (řádků). Tím je vyhodnocen sloupec i řádek, ve kterém je umístěno stisknuté tlačítko a dojde tedy k jednoznačnému určení, o které tlačítko se jedná. [10]

3. Programové řešení pro řízení pohonu

Vývojové prostředí IDE950

Vývojové prostředí IDE950 umožňuje programování měniče, odladění programu pomocí prostředků jako je sledování proměnných, odkrokování programu a použití breakpointů.



Obr. 3.1 Vývojové prostředí IDE950

V tomto vývojovém prostředí je také možnost vypisování hodnot přímo na monitor pomocí tlačítka Print, který vyvolá nástroj Terminal Emulator. Tohoto nástroje je možné využít pro zjišťování hodnot, např. napětí v meziobvodu, proudu jednotlivých fází, nastavených parametrů regulační smyčky, akcelerace, decelerace a rychlost motoru, aktuální pozice motoru a mnoho dalších. Dále je možné tento nástroj využít pro zadávání hodnot do měniče, např. parametry regulační smyčky. Toto je ale nutné programově ošetřit a využít klávesnici na bloku ovládání a signalizace.

Programovací jazyk vývojového prostředí IDE950

3.2.1 Proměnné

Integer – celočíselná proměnná (32 bitů včetně znaménka)

Float – proměnná s plovoucí čárkou, při použití čísla datového typu Float pro proměnnou nebo parametr datového typu Integer dojde automaticky ke konverzi na datový typ Integer tak, že je použita pouze část čísla před desetinou čárkou/tečkou.

String – řetězec znaků (až 230 znaků)

3.2.2 Struktura psaní programu

Je nutné dodržet posloupnost jednotlivých částí programu.

- Nastavení parametrů měniče.
- Definice globálních proměnných, konstant a přiřazení názvů (např. vstupům).
- Hlavní program, podprogramy, funkce a přerušení.

Nastavení parametrů měniče

Nastavení parametrů měniče je vygenerováno automaticky vývojovým prostředím při vytvoření souboru zdrojového kódu po zadání typu používaného motoru a měniče, ale vzhledem k tomu, že použitý motor není zahrnut v seznamu přednastavených motorů, je nutné zvolit libovolný motor a parametry upravit ručně. Potřebné parametry jsou uvedené na štítku motoru nebo příslušných datasheetech. Tato část programu je vykonána ihned po připojení napájení k měniči a nakonfiguruje měnič pro práci s připojeným motorem. [8] [10]

Syntaxe:

Params

<parametry>

End params

Konkrétní parametry měniče a regulační smyčky, možnosti jejich nastavení a vysvětlení funkce jsou blíže specifikovány v příloze.

Definice globálních proměnných, konstant a přiřazení druhých názvů

V této části programu se definují proměnné a konstanty viditelné v hlavním programu, ve všech funkcích, podprogramech a přerušeních. Z důvodu větší přehlednosti řídicího softwaru se v tomto bloku dá také přiřadit druhý název některým identifikátorům (např. I/O). [8] [10]

Syntaxe:

Const <název konstanty> = <hodnota konstanty>

Dim <název proměnné> *as* <datový typ proměnné>

Alias <druhý název> = <identifikátor>

Konkrétní příklady jsou blíže specifikovány v příloze.

Hlavní program, podprogramy, funkce a přerušení

Struktura uvedených částí zdrojového kódu programu je prakticky totožná. [8] [10]

Syntaxe:

<definice části programu>

 <definice proměnných>

 <sekvence instrukcí programu>

<konec části programu>

Hlavní program:

Hlavní program začíná ihned po definici globálních proměnných, konstant a přiřazení druhých názvů. Proměnné a konstanty definované v hlavním programu jsou pouze lokální. [8] [10]

Syntaxe:

<main>

<definice proměnných>

 <sekvence instrukcí programu>

<end main>

Podprogram a funkce:

Píše se až za hlavním programem. Proměnné zde definované jsou pouze lokální pro daný podprogram a funkci. [8] [10]

Příklad podprogramu:*Sub printsum (a, b as float)**Print a + b**End Sub**'možné použití funkce**Call printsumc (i, j)***Příklad funkce:***Function sum (a, b as integer) as Integer**Sum = a + b**End Function**'možné použití funkce**i = sum (2, 3)***Přerušení**

K obslužení přerušení dojde až po jeho aktivování. K jeho vyvolání dojde, když se program dopracuje k příslušné strojové instrukci. Vyvolání přerušení je podobné vyvolání klasického podprogramu, avšak procesor se může zachovat jinak. Instrukce softwarového přerušení se využívá pro vyvolání služeb operačního systému z běžícího procesu. [8] [10]

Příklad přerušení:*Interrupt I1hi**Print "Preruseni od Inpl "**I1hi = 1**End Interrupt***3.2.3 Zdroje přerušení pro měnič SCE904 s programovatelnou kartou OCE950**

IntrCwinh	- přerušení od koncového spínače vzad.
IntrCwot	- přerušení při dosažení nastavené pozice vzad.
IntrCwinh	- přerušení od koncového stupně vpřed.
IntrChar	- přerušení od sériového portu.
IntrCwot	- přerušení při dosažení nastavené pozice ve směru vpřed.
IntrDisable	- přerušení při vypnutí výkonového stupně měniče (např. přehřátí).
IntrFault	- přerušení při vzniku chyby měniče.

IntrIxHi - přerušení od I/O brány karty OCE950 na vzestupnou hranu (karta má 21 bran, x – číslo brány).

IntrIxLo - přerušení od I/O brány karty OCE950 na sestupnou hranu (karta má 21 bran, x – číslo brány).

IntrPosError - přerušení při chybě pozice motoru.

3.2.4 Parametry pro provoz měniče a lineárního motoru

CommoFF

Nastavuje offset zpětnovazebního snímače polohy. Důležité pro správnou komutaci měniče. Musí být nastaveno $\text{CommoFF} = 0$.

CommSrc

Nastavuje zdroj komutačního signálu. 0 – komutace je řízena resolverem. 1 – komutace je řízena inkrementálním převodníkem. Musí být nastaveno $\text{CommSrc} = 0$.

EncIn

Nastavuje počet inkrementů čidla polohy na jednotku délky bez vnitřního násobení. Stanovuje vztah mezi rychlostí posuvu a úrovní signálu regulátoru rychlosti.

EncMode

Specifikuje režim řízení polohy (4 režimy). 0 – režim mocnění, 1 – režim step/direction, 2 – režim up/down, 3 – měnič ignoruje vstupní signály. Nutno nastavit $\text{EncMode} = 0$.

PoleCount

Nastavuje příslušný počet pólů motoru nebo inkrementů převodníku na jeden elektrický cyklus (otáčku). Vypočítá se z pólové rozteče motoru (šířky pólu) a rozlišení měřicího systému. Jeden elektrický cyklus odpovídá šířce dvou pólů. Parametr PoleCount musí být nastaven až po parametru CommSrc.

RemoteFB

Volí zdroj signálu pro zpětnou vazbu (rychlostní a polohové smyčky), zde oba signály z převodníku (možné i z resolveru).

VelLmtHi

Maximální hodnota rychlosti v kladném směru. Jednotky rychlosti souvisí s proměnnou EncIn. Je-li proměnná EncIn zadána jako počet čar na 1 cm, pak má tato proměnná jednotku cm/min.

VelLmtLo

Maximální hodnota rychlosti v záporném směru. Jednotky rychlosti souvisí s proměnnou EncIn. Je-li proměnná EncIn zadána jako počet čar na 1 cm, pak má tato proměnná jednotku cm/min. Musí být zadána záporná hodnota, jinak dojde k chybné reakci motoru.

Možnosti nastavení a vysvětlení funkce parametrů měniče jsou blíže specifikovány v příloze.

3.2.5 Nastavení parametrů regulační smyčky

Kip - Proporcionální složka regulátoru proudu.

Kii - Integrační složka regulátoru proudu. Standardní nastavení $K_{ii} = 50$.

Kpp - Proporcionální složka regulátoru polohy.

Kvi - Integrační složka regulátoru otáček. Určí se ze žádané šířky pásma regulátoru otáček f_{vc} a odezvy systému.

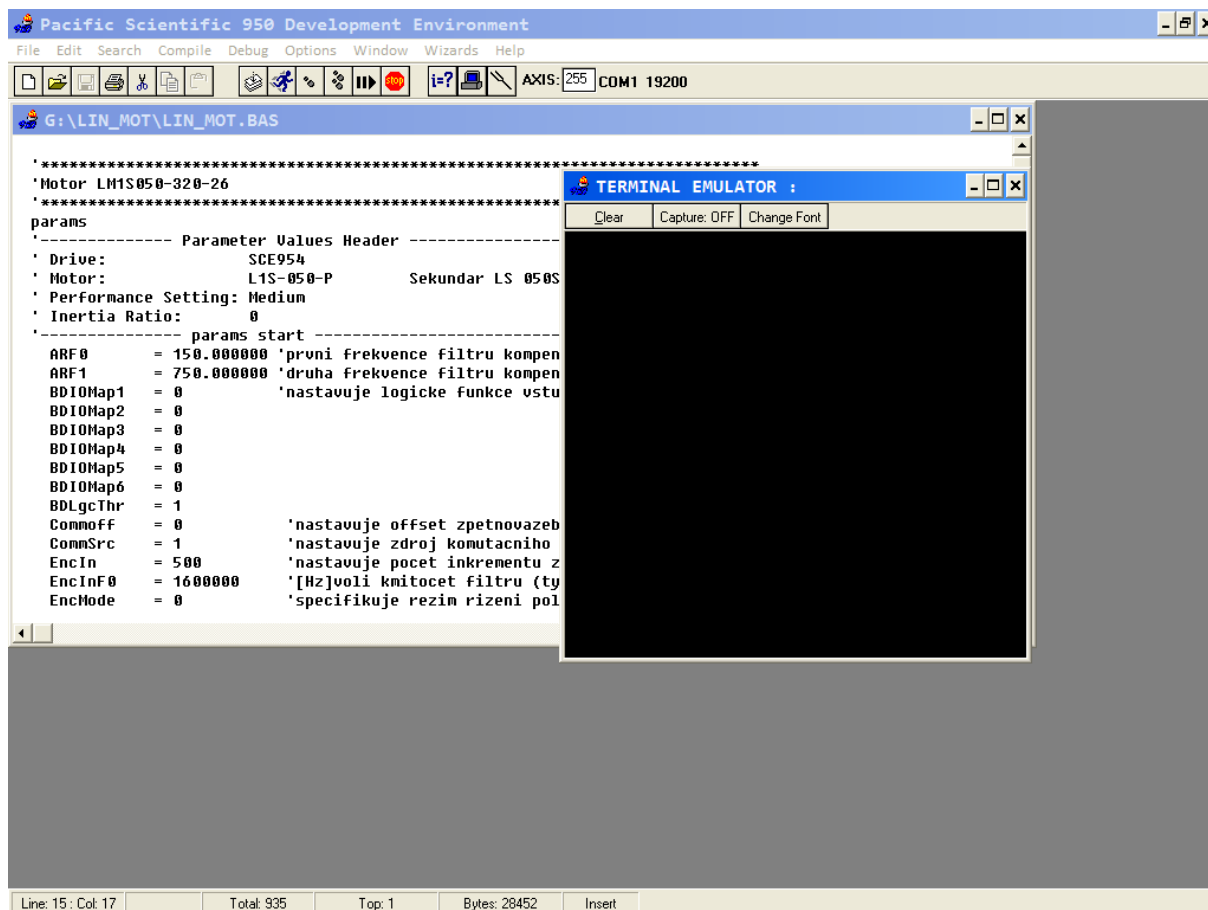
Kvp - Proporcionální složka regulátoru otáček (rychlosti). Velikost závislá na zatížení. Na začátku je vhodné nastavit proměnnou na velmi malou hodnotu, např. 0,02 a tuto hodnotu postupně pomalu zvyšovat, dokud nezačne regulátor kmitat.

Kvff - Proporcionální složka zpětnovazební (dopředného signálu) rychlostní smyčky, uvedeno v procentech. Zlepšuje rychlost regulace. Pokud je příliš vysoká projeví se nepříznivě na překmitu polohy.

Další možnosti nastavení, vzorce, výpočty a vysvětlení funkce parametrů regulační smyčky jsou blíže specifikovány v příloze.

3.3 Ovládání pohonu

K ovládání pohonu je určen blok ovládání a signalizace (osm signalizačních diod, maticová klávesnice a polohové spínače). Funkci všech diod, tlačítek a spínačů lze libovolně měnit napsáním vhodného programu, kromě šestého spínače, jeho funkce je dána hardwarově a je výhradně určen pro blokování výkonového stupně měniče. K softwarovému řízení pohonu je určena část vývojového prostředí IDE950, tou je Terminal emulator, který je určen k výpisu programu na monitor počítače, monitoruje příchozí znaky na sériový port počítače.



Obr. 3.2 Vývojové prostředí IDE950 a Terminal emulator

3.4 Podprogramy pro obsluhu maticové klávesnice

V podprogramech, které slouží k ovládání maticové klávesnice, jsou ošetřeny různé nežádoucí situace, ke kterým může dojít při ovládání pohonu pomocí této klávesnice. Jsou eliminovány vzniky zákmitů tlačítka při jeho spínání a program nevyhodnotí jeden stisk nebo podržení tlačítka jako několik stisknutí za sebou. Program rozlišuje, jestli je tlačítko stále stisknuto bez nutnosti setrvání podprogramu maticové klávesnice z důvodu, aby nedošlo během stisku tlačítka k zastavení jiné části vykonávaného programu. Toho je docíleno pomocí přerušení od I/O bran příslušejících jednotlivým řádkům klávesnice, na které je po stisku přivedena úroveň logické 0 z bran příslušných sloupců. Tímto dochází k obsluze přerušení reagujícího na sestupnou hranu a následnému vyhodnocení, toho tlačítka, které je stisknuto, dále dochází k zápisu výsledku do globální proměnné a ukončení přerušení. Po ukončení stisku tlačítka bude na bráně, kde byla přivedena logická 0 znovu logická 1 a tím dochází k obsluze přerušení na vzestupnou hranu a do globální proměnné se запиše hodnota odpovídající tomu, že není stisknuto žádné tlačítko. Zamezení vlivu zákmitů je vyřešeno tak, že přerušení, které zjišťuje konec stisku tlačítka je povoleno až na konci přerušení, které zjišťuje stisk tlačítka a do programu je vložena časová pauza delší než je doba zákmitů. Tato časová pauza je, ale zároveň také dostatečně krátká, aby nedošlo k narušení činnosti jiné části vykonávaného programu. [10]

Procedura *aktivuj_klav*

Tato procedura nastaví brány připojené ke sloupcům klávesnice na logickou 0 a aktivuje přerušení od bran připojených k řádkům klávesnice.

Procedura *deaktivuj_klav*

Tato procedura zakáže přerušení od všech bran, které jsou připojeny k řádkům maticové klávesnice.

Funkce *klav_cif*

Přes tuto funkci lze z maticové klávesnice zapsat do měniče víceciferné číslo.

Procedura *matic*

Tato procedura vyhodnocuje, které tlačítko na maticové klávesnici bylo stisknuto a výsledek je zapsán do globální proměnné *tlacitko*.

Přerušení *I0lo, I1lo, I2lo, I3lo*

Tyto přerušení detekují stisk tlačítka, reagují na sestupnou hranu na I/O branách 0 až 3 a volají proceduru *matic*.

Přerušení *I0hi, I1hi, I2hi, I3hi*

Tyto přerušení detekují konec stisku tlačítka, reagují na vzestupnou hranu na I/O branách 0 až 3 a zapisují do globální proměnné hodnotu, která vyjadřuje, že není stisknuto žádné tlačítko.

Význam hodnot globální proměnné *Tlacitko*

<i>Tlacitko</i> = 0	- stisknuto tlačítko 0
<i>Tlacitko</i> = 1	- stisknuto tlačítko 1
<i>Tlacitko</i> = 2	- stisknuto tlačítko 2
<i>Tlacitko</i> = 3	- stisknuto tlačítko 3
<i>Tlacitko</i> = 4	- stisknuto tlačítko 4
<i>Tlacitko</i> = 5	- stisknuto tlačítko 5
<i>Tlacitko</i> = 6	- stisknuto tlačítko 6
<i>Tlacitko</i> = 7	- stisknuto tlačítko 7
<i>Tlacitko</i> = 8	- stisknuto tlačítko 8
<i>Tlacitko</i> = 9	- stisknuto tlačítko 9
<i>Tlacitko</i> = 10	- stisknuto tlačítko A
<i>Tlacitko</i> = 11	- stisknuto tlačítko B
<i>Tlacitko</i> = 12	- stisknuto tlačítko C
<i>Tlacitko</i> = 13	- stisknuto tlačítko D
<i>Tlacitko</i> = 14	- stisknuto tlačítko *
<i>Tlacitko</i> = 15	- stisknuto tlačítko #

3.5 Program pro ovládání pohonu ve vývojovém prostředí IDE950

Nastavení parametrů měniče

```
*****
'Motor LM1S050-320-26
*****

params
'----- Parameter Values Header -----
' Drive:          SCE954
' Motor:          L1S-050-P      Sekundar LS 050S-1024
' Performance Setting: Medium
' Inertia Ratio:   0
'----- params start -----
ARF0   = 150.000000      'první frekvence filtru kompenzujícího rychlostní smyčku
ARF1   = 750.000000      'druhá frekvence filtru kompenzujícího rychlostní smyčku
BDIOMap1 = 0              'nastavuje logické funkce vstupů a výstupů (J4-7 až J4-12)
BDIOMap2 = 0
BDIOMap3 = 0
```



```

BDIOMap4 = 0
BDIOMap5 = 0
BDIOMap6 = 0
BDLgcThr = 1
Commoff = 0          'nastavuje offset zpětnovazebního snímače polohy - důležité pro
'správnou komutaci měniče
CommSrc = 1          'nastavuje zdroj komutačního signálu (0-resolver, 1-inkrementální
'převodník)
EncIn = 500          'nastavuje počet inkrementů zpětnovazebního snímače na 1/4 otáčky
EncInF0 = 1600000    '[Hz]volí kmitočet filtru (typu dolní propust) na vstupu inkrementálního
'převodníku
EncMode = 0          'specifikuje režim řízení polohy (4 režimy)
ILmtMinus = 45        'nastavuje max. proud (směr otáčení levotočivý) pro tvorbu momentu v
'procentech Imax motoru
ILmtPlus = 45        'nastavuje max. proud (směr otáčení pravotočivý) pro tvorbu momentu
'v procentech Imax motoru
ItThresh = 23        'nastavuje práh citlivosti tepelné ochrany motoru
'(max. hodnota výst. DC proudu v % max. hodnoty I motoru, tepelná 'ochrana I*t může zastavit motor)
ItF0 = 1             '0.02-zlomová frekvence filtru tepelné ochrany (dolní propust)
Kip = 188.495        'L[mH]*2*PI - proporcionální složka regulátoru proudu
Kii = 50             'integrační složka regulátoru proudu
Kpp = 20             'VelCmd=2*Pi*Kpp*PosError-proporcionální složka regulátoru
'polohy
Kvi = 5             'integrační složka regulátoru otáček
Kvp = 0.06          'proportionální složka regulátoru otáček
Kvff = 50           'proportionální složka zv rychlostní smyčky v [%]
Polecount = 9600     '2 * 2.4 / 0.005 - nastavuje příslušný počet pólů motoru
'nebo inkrementů převodníku na jeden el. cyklus (otáčku)
RemoteFB = 2         'voli zdroj signálu pro zpětnou vazbu (rychlostní a polohové smyčky),
'zde oba signály z převodníku
'
'(možné i z resolveru)
BlkType = 2          'nastavuje režim měniče jako blok polohový, rychlostní nebo
'momentový, zde digitální polohový
Autostart = 1
end params
'----- params end -----

```

Programové informace, definice globálních konstant a proměnných, main program

```
'----- program info -----  
programinfo  
    $PacLanAddr(255)    'nastavuje počet nahrávaných řádek programu, zde 255  
end programinfo  
  
'----- Define Global Constants -----  
* Násobení tímto faktorem dává pozici v cm a rychlost v cm / s  
* např. RunSpeed = 300*cm => rychlost = 3 m/s  
const cm = 2000        * pro měřici jednotku s rozlišením 0.5 mikrometru  
const Ende_Positiv = 25    '25.5 -maximální dráha pojezdu  
  
'----- Define (dim) Global Variables -----  
Dim znak,skonci,tlacitko as integer  
  
'----- Main Program -----  
main  
Dim rem_tlac as integer  
znak=0                'výchozí nastavení indexu pole serialin (příjem z RS232)  
intrchar=1            'aktivace přerušení od RS232  
FaultReset = 1        'resetuje chyby motoru  
FaultReset = 0        'resetuje chyby motoru po zapnutí napájení  
tlacitko=3333         'nastavení hodnoty znamenající nestisknutí tlačítka  
intri7lo=1            'povoluje přerušení od sp2  
call aktivuj_klav     'aktivuje maticovou klávesnici  
while enabled = 0     'smyčka while-wend, provádí se, dokud je podmínka platná. 0-motor je  
                        'zakázán  
  
call Reset            'volání podprogramu  
wend                  'čeká, dokud nebude motor povolen  
IntrDisable = 1       '1 - povoluje přerušení, když je motor zakázán (disable)  
call KommTest         'volá proceduru počátečního nalezení polohy  
call HomePoint        'nalezení počáteční polohy  
while 1  
    if tlacitko=0 then  
        elseif tlacitko=1 then  
            call tlac_1  
        elseif tlacitko=2 then  
            call tlac_2  
        elseif tlacitko=3 then
```

```

        call tlac_3
elseif tlacitko=11 then
    call tlac_B
    elseif tlacitko=7 then
        If encpos/cm<27.5 then
            dir=0
            govel
        endif
    elseif tlacitko=9 then
        If encpos/cm>0 then
            dir=1
            govel
        endif
    elseif tlacitko=12 then
        call nastav
    elseif tlacitko=15 then
        enable=0
    elseif tlacitko=3333 then
        else
    endif
if tlacitko<>3333 then
    rem_tlac=tlacitko
endif
if (tlacitko<>3333) and (tlacitko <> rem_tlac) then
    cls
    Print "Vyznam tlacitek:"
    Print "2 Sekvence pohybu 2"
    Print "7 Pohyb motoru doleva"
    Print "9 Pohyb motoru doprava"
    Print "A vypis vybranych velicin"
    Print "# vypnuti vykonoveho stupne"
    Print "* zapnuti vykonoveho stupne"
    Print "a reset pri erroru menice"
    elseif (tlacitko=3333) and (tlacitko <> rem_tlac) then
        print "neni stisknuto tlacitko"
    abortmotion
    rem_tlac=tlacitko

```

```
endif  
wend  
end main
```

Podprogramy a funkce

Funkce tlačítek na maticové klávesnici

- Tlačítka 2 – stisknutím tlačítka dojde ke spuštění podprogramu, který spustí trajektorii pohybů.
- Tlačítka 7 - stisknutím a držením tohoto tlačítka dojde k pohybu motoru vpřed. Při pohledu uvedeném na Obr. 2.2 se motor pohybuje doleva.
- Tlačítka 9 - stisknutím a držením tohoto tlačítka dojde k pohybu motoru vzad. Při pohledu uvedeném na Obr. 2.2 se motor pohybuje doprava.
- Tlačítka A – stisknutím dojde k vypsaní vybraných veličin na monitor počítače.
- Tlačítka C – stisknutím tohoto tlačítka je možné nastavit zrychlení a rychlost pro trajektorii motoru vyvolanou tlačítky 7 a 9. Při tomto podprogramu odpovídají numerická tlačítka své číselné hodnotě. Tlačítka # má funkci desetinné čárky a tlačítka * má funkci enter.
- Tlačítka # - stisknutím tlačítka dojde k vypnutí výkonového stupně měniče.
- Tlačítka * - stisknutím tlačítka dojde k zapnutí výkonového stupně měniče. Tlačítka má také funkci reset, při možné chybě na měniči.

Zjištění polohy motoru

Vzhledem k tomu, že použité čidlo polohy je pouze relativní, je nutné po zapnutí pohonu nejdříve nalézt počáteční polohu motoru. Pro tento účel je určena inicializační část programu, kde za velmi pomalé rychlosti posuvu motoru dojde k zastavení motoru po dosažení krajní polohy, to způsobí nárůst odebíraného proudu z měniče a program přes příkaz Itfilt tento nárůst proudu detekuje. Tím je nalezena krajní poloha motoru a je možno dále pracovat s relativním čidlem polohy, protože je známa přesná poloha motoru.

Řízení pohybu motoru

Po nastavení parametrů měniče je možné řídit pohyb motoru pomocí příkazů GoAbs, GoIncr, GoVel a GoHome. Příkaz GoAbs zajistí přesunutí motoru do polohy odpovídající velikosti proměnné TargetPos, u příkazu GoIncr dojde k posuvu o hodnotu zapsanou v proměnné IndexDist a u příkazu GoHome dojde k přesunu na pozici, která odpovídá pozici PocPos=0. Použitím příkazu GoVel dojde k trvalému pohybu motoru směrem daným příkazem Dir až do vykonání instrukce Abormotion.

Aby byla hodnota posuvu v centimetrech, je nutné vynásobit hodnotu zapisovanou do výše uvedených proměnných (kromě GoVel) předdefinovanou konstantou cm (cm=1000, 1000 inkrementů z čidla polohy na 1 cm).

U všech pohybů je možné řídit rychlost pomocí proměnné Runspeed a zrychlení pomocí proměnných Accelrate (kladné) a Decelrate (záporné), aby byla rychlost udávána v cm/s a zrychlení v cm/s^2 je nutné stejně jako u posuvu vynásobit hodnoty zapisované do všech výše uvedených proměnných (kromě GoVel) konstantou cm.

'----- Subroutines and Functions -----

'nalezení konce motoru

sub HomePoint

Dir = 1 'specifikuje směr otáčení před použitím příkazu GoVel

RunSpeed = 1*cm

GoVel 'pohyb konst. rychlostí směrem Dir a rychlostí RunSpeed

ItF0 = 0.1 'nastavení rychlejší reakce ItFilt (zv)

While Itfilt < 9: wend 'kontrola krajní polohy

AbortMotion 'stop pohybu, program pokračuje

ItF0 = 0.02 'znovunastavení standardní hodnoty ItF0

IndexDist = 0.6*cm 'nastavení vzdálenosti o 6 mm zpět od krajní polohy

GoIncr 'přesun

while moving : wend 'program stojí, dokud se motor pohybuje

PosCommand = 0 'nastavení nulového bodu

end sub 'HomePoint

'-----

'reset erroru menice

sub Reset 'Nutná posloupnost pro start zapnutím do sítě

FaultReset = 1 'resetuje chyby motoru

Pause (0.2) 'zastavuje provádění programu na t[s]

FaultReset = 0 'resetuje chyby motoru po zapnutí napájení

Pause (2.5)

Enable = 1 'povoluje nebo zakazuje motor, 1-povolen, 0-zakazan

end sub 'Reset

'-----

'procedura pro správnou komutaci motoru

sub KommTest

dim IlmtBuf, PosErrorBuf, MaxPos, Overshootdist as Integer

dim Flag, Pos1 as Integer

IlmtBuf = IlmtPlus

IlmtPlus = 20 '[% max. hodnoty proudu] nastavuje max. proud při otáčení vpravo

IlmtMinus = 20 '[% max. hodnoty proudu]nastavuje max. proud při otáčení vlevo

```

Overshootdist = 0.1*cm      'max. překmit
IndexDist = 0.5*cm          'specifikuje vzdálenost, kterou má motor urazit v inkrementálním módu
MaxPos = IndexDist + Overshootdist
Pos1 = EncPos                'aktuální pozice odečtená z převodníku
PosErrorBuf = PosErrorMax
PosErrorMax = 1500          'max. povolená odchylka pozice
RunSpeed = 2*cm             'nastavuje max. povolenou rychlost inkr. nebo abs. pohybu
Enable = 1                  'povolí pohyb motoru
While not enabled: wend
GoIncr                      'přesune motor o inkrement nastavený v IndexDist
While (moving AND FaultCode = 0) 'dokud je motor v pohybu a nenastala při jeho pohybu chyba
    If abs(EncPos - Pos1)>MaxPos then
        Print "Prilis velka chyba polohy"
        Enable = 0
        Flag = 0            'zákaz dalšího pohybu motoru
    else
        Flag = 1
    end if
wend
If FaultCode <> 0 OR Flag = 0 then
    Print "Chybovy kod: ";FaultCode
    Print "Spustte program znovu"
    Out8 = 0                'Je zakázán digitální výstup 8
    STOP                    'zastaví provádění programu
end if
IlmtPlus = IlmtBuf
IlmtMinus = IlmtBuf
PosErrorMax = PosErrorBuf
IndexDist = -0.5*cm         'nastavuje krok zpětného pohybu
GoIncr                      'popojed' zpět o 0.5 cm
end sub 'KommTest
'-----reakce na stisk tlačítka 2-----
sub tlac_2
cls
Print "Sekvence 2"
while tlacitko=2
    Runspeed=xxx*cm

```

TargetPos = Ende_positiv*cm	'pozice, do které se motor přesune po zadání příkazu
	'GoAbs, zde max.
GoAbs	
While moving:wend	'program stojí, dokud je motor v pohybu
TargetPos = 0	'nulový bod
GoAbs	'přesun
While moving:wend	
Pause (xxx)	
Runspeed=xxx*cm	
TargetPos = Ende_positiv*cm	'pozice, do které se motor přesune po zadání příkazu
	'GoAbs, zde max.
GoAbs	
While moving:wend	'program stojí, dokud je motor v pohybu
TargetPos = 0	'nulový bod
GoAbs	'přesun
While moving:wend	
Pause (xxx)	
Runspeed=xxx*cm	
for i = 1 to xxx	
TargetPos = Ende_positiv*cm	'pozice, do které se motor přesune po zadání příkazu
	'GoAbs, zde max.
GoAbs	
While moving:wend	'program stojí, dokud je motor v pohybu
TargetPos = 0	'nulový bod
GoAbs	'přesun
While moving:wend	
Pause (xxx)	
wend	
end sub 'tlac_2	
'-----reakce na stisk tlačítka A (10), vypíše parametry měniče -----	
sub mer	
cls	
Pause (0.1)	
Print "napeti v meziobvodu :",Vbus '	
Print "proud ve fazi W:“,I_T '	
Print "proud ve fazi V:“,I_S '	
Print "proud ve fazi U:“,I_R '	

```

Print "Parametry regulacni smycky : "
Print "Kip :",Kip'
Print "Kii :",Kii'
Print "Kvi :",Kvi'
Print "Kvp :",Kvp'
Print "Kvff:",Kvff'
Print "Accelrate:",Accelrate/cm'
Print "Decelrate:",Decelrate/cm'
Print "Runspeed:",Runspeed/cm'
Print "Ilmtplus:",Ilmtplus'
Print "Ilmtminus:",Ilmtminus'
Print "rychlost motoru (cm/s):",(encfreq*0.0005)
Print "pozice (cm):",(encpos*0.0005)
while tlacitko=10:wend
cls
mereno=1
end sub 'mer

```


4. Vzorový protokol pro laboratorní úlohu

VŠB-TU Ostrava	Vzorový protokol		Fakulta elektrotechniky a informatiky
Datum měření:	1	Lineární synchronní motor s permanentními magnety	jméno a příjmení
Hodnocení:			

Zadání:

1. Proveďte teoretický rozbor pohonu s lineárním motorem.
2. Nakreslete blokové schéma pracoviště.
3. Ve vývojovém prostředí IDE950 spusťte soubor LIN_MOT.bas.
4. Upravte program, konkrétně podprogram reakce na stisk tlačítka 2, pro zadanou trajektorii podle Obr. 4. 1. Upravenou část podprogramu uveďte ve vypracování protokolu. Části podprogramu pro úpravu jsou zvýrazněny v kapitole 3. 5.
5. Spusťte motor a měnič. Sledujte displej měniče.
6. Nahrajte upravený program do měniče, spusťte jej a ověřte jeho funkci.
7. Zhodnocení.

Pro vypracování bodů 3, 5 a 6 postupujte podle kapitoly 3.5 a přílohy B – Návod pro obsluhu pracoviště. Rychlost motoru do programu zadávejte v cm/s a čas v sekundách (používejte desetinnou tečku). Konstanta převodu [cm] – s načtených impulsů čidla polohy lze zadávat požadavky na pohyb motoru přímo v jednotkách umožňujících snadnou orientaci pro uživatele. Rychlost [cm/s], zrychlení [cm/s²] a poloha [cm].

'----- Define Global Constants -----'

'* Násobení tímto faktorem dává pozici v cm a rychlost v cm / s

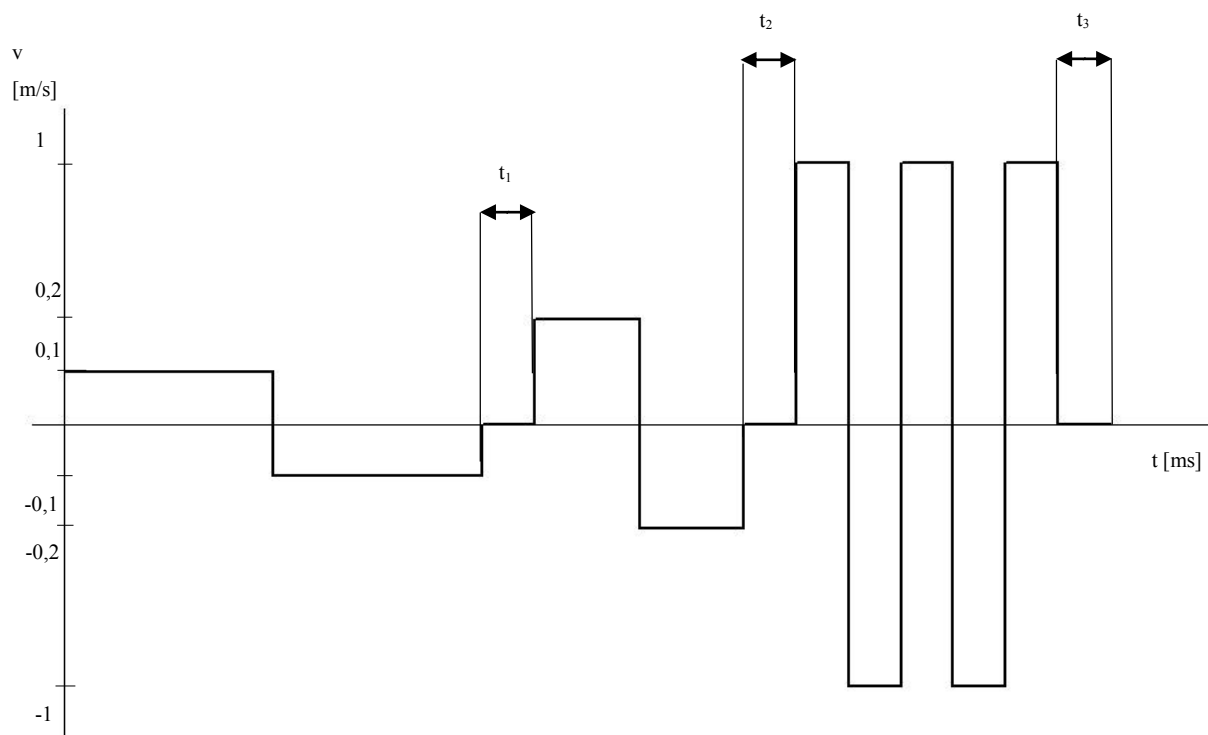
'* např. RunSpeed = 300*cm => rychlost = 3 m/s

const cm = 2000

'* pro měřicí jednotku s rozlišením 0.5 mikrometru

const Ende_Positiv = 25

'maximální dráha pojezdu



Obr. 4. 1 – Zadaná trajektorie

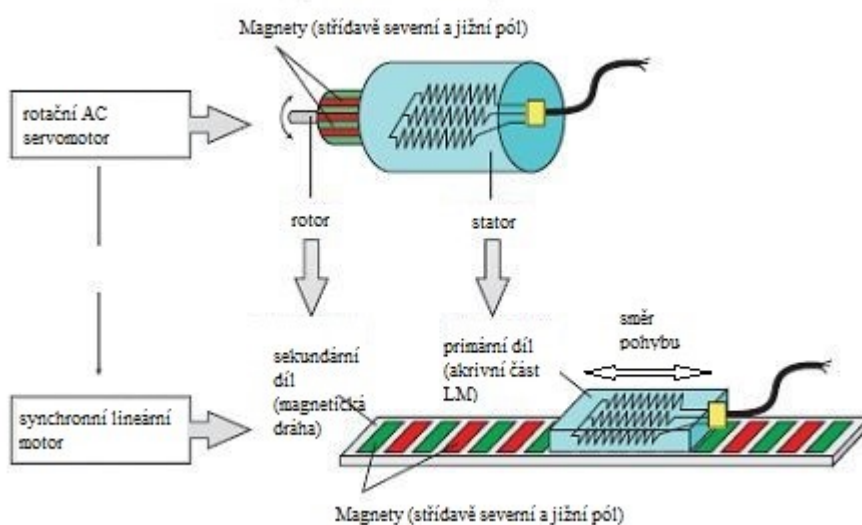
$$t_1 = t_2 = t_3 = 250 \text{ ms}$$

Doba chodu motoru bude závislá na jeho rychlosti a poloze.

Vlastní vypracování protokolu

1. Příklad zpracování teoretického rozboru

Lineární synchronní motor je možné si představit jako klasický točivý motor, který pracuje na indukčním principu, kdy je rotor i stator rozvinutý do roviny a tím odpadá potřeba připojení zprostředkujícího převodního mechanismu. Motory jsou většinou uzpůsobeny pro napájení z vektorových řízených měničů kmitočtu.



Obr. 4.2 Fyzikální princip lineárního motoru [10]

Stator je zde označen jako primární díl a je obdobou klasických strojů. Jeho konstrukčním materiálem je feromagnetický svazek, který je složený z elektrotechnických plechů a trojfázového vinutí uložených v jeho drážkách. Primární díl je buzen permanentními magnety. Rotor označován jako sekundární díl je tvořen permanentními neodymovými magnety (Nd – Fe - B) se špičkovými magnetickými parametry. Tyto permanentní magnety jsou nalepeny na ocelové podložce. Sekundární díl lze označit jako magnetickou dráhu a její délka závisí na konkrétní aplikaci. Sekundární díl tvoří ve většině případů delší část stroje, kterou lze sestavovat do určitých délek. O tom, která část se má pohybovat rozhoduje konstrukční uspořádání, v naprosté většině konstrukcí, ale platí, že se pohybuje primární díl (jezdec) po dráze, která je tvořená libovolným počtem sekundárních dílů. Sekundární díly se zpravidla vyrábí v segmentech o délkách od 192 mm do 512 mm.

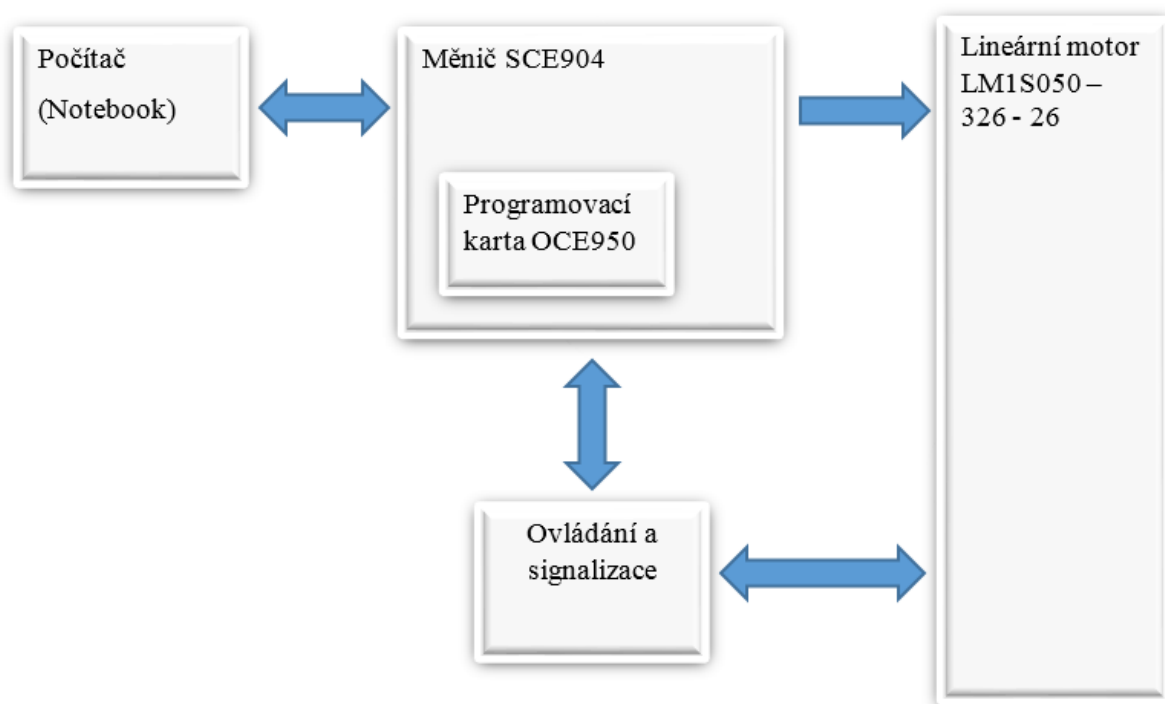
Přivedením proudu do obvodu vznikne mezi primárním dílem a sekundárním dílem magnetické pole, které pohybuje jezdce. Změnou úrovně proudu je možné měnit rychlost tohoto pohybu. Nevýhodou těchto typů motorů je nutnost přivedení napájecích kabelů, kabelů snímačů polohy a chladicí

kapaliny. Tyto přívody je nutné vhodným způsobem chránit proti poškození a dále také zajistit plynulý pohyb primárního dílu motoru. Většinou je tento problém vyřešen řetězcem, který chrání kabely a zajišťuje plynulý pohyb jezdce.

Existují i lineární synchronní motory s primárním dílem bez feromagnetických materiálů. Tyto motory se využívají především v provozech, které jsou náročné na rychlost posuvu. Dosahují vysoké efektivity díky téměř nulové přitažlivé síle, absenci pulsací tažné síly a výsledná hmotnost je nižší než u jiných typů motorů. Jedinou nevýhodou je pouze nižší výsledná síla, kterou je schopen motor vyvinout.

K regulaci se využívá číslicový regulátor s kaskádním uspořádáním třech zpětných vazeb (vnitřní proudová, střední rychlostní, vnější polohová). Do obvodu bývá zapojena i smyčka zrychlení.

2. Schéma zapojení



Obr. 4.3 Blokové schéma stanoviště

3. Bod zadání 3 byl proveden podle uvedených návodů.

4. Příklad řešení bodu 4 zadání.

```

'-----reakce na stisk tlačítka 2-----
sub tlac_2
cls
  
```

```

Print "Sekvence 2"
while tlacitko=2
    Runspeed=10*cm
    TargetPos = Ende_positiv*cm      'pozice, do které se motor přesune po zadání příkazu
                                     'GoAbs, zde max.

    GoAbs
        While moving:wend           'program stojí, dokud je motor v pohybu
    TargetPos = 0                     'nulový bod
    GoAbs                             'přesun
        While moving:wend

    Pause (0.25)
    Runspeed=20*cm
    TargetPos = Ende_positiv*cm      'pozice, do které se motor přesune po zadání příkazu
                                     'GoAbs, zde max.

    GoAbs
        While moving:wend           'program stojí, dokud je motor v pohybu
    TargetPos = 0                     'nulový bod
    GoAbs                             'přesun
        While moving:wend

    Pause (0.25)
    Runspeed=100*cm
    for i = 1 to 3
        TargetPos = Ende_positiv*cm  'pozice, do které se motor přesune po zadání příkazu
                                     'GoAbs, zde max.

        GoAbs
            While moving:wend        'program stojí, dokud je motor v pohybu
        TargetPos = 0                'nulový bod
        GoAbs                        'přesun
            While moving:wend

        Pause (0.25)
    wend
end sub 'tlac_2

```

- Bylo provedeno zapnutí motoru a měniče, na displeji měniče se objevil znak 8, který signalizuje správnou funkci výkonové části měniče.

6. Bylo provedeno nahrání upraveného programu do měniče. Odpovídalo zadané trajektorii.

7. Zhodnocení

Podle zadání je zpracován teoretický rozbor a nakresleno blokové schéma laboratorního stanoviště. Pro další zpracování je nutné použít doporučený postup uvedený v příloze B, podle kterého se spustí příslušný program pro řízení pohonu. Dále je důležité prostudovat program z kapitoly 3.5 a v něm vyhledat podprogram reakce na stisk tlačítka 2. Zvýrazněné části podprogramu jsou upraveny tak, aby odpovídaly trajektorii podle Obr. 4.1. Poté je spuštěn motor a měnič, na displeji měniče se objevil znak 0, po přepnutí šestého spínače na bloku ovládání se objevil znak 8, který signalizuje správnou funkci výkonové části měniče. Upravený program je nahrán do měniče a spuštěn, pohyb motoru odpovídal zadání. Je nutné zdůraznit, že pro úspěšné vypracování laboratorní úlohy je důležité znát základy programování v programovacím jazyku C nebo BASIC.

Závěr

Diplomová práce si dávala za cíl sestavit a uvést do provozu laboratorní stanoviště s lineárním synchronním motorem s permanentními magnety, pro toto stanoviště vytvořit programy pro řízení pohonu a ověřit jejich funkčnost a na základě takto vytvořených programů vypracovat vzorový protokol pro laboratorní úlohu. Práce tak může být dobrým přínosem pro výuku. Je ukázkou moderních technologií v této problematice a tudíž může být kvalitním základem pro získání praktických zkušeností studentů.

V teoretické části je popsán princip činnosti pohonu s lineárním synchronním motorem s permanentními magnety a jeho konstrukce.

V praktické části je sestaveno stanoviště pohonu s lineárním motorem. Stanoviště je sestaveno v laboratoři PorEB016 a pro jeho sestavení byly k dispozici následující komponenty: lineární synchronní motor s permanentními magnety LM1S050 – 326 – 26 od firmy VUES Brno a. s., optický lineární snímač polohy Renishaw RGH22 D50D00, kompaktní měnič SCE904 od firmy Pacific Scientific osazený přídatnou programovací kartou OCE950, blok ovládání a signalizace, notebook vybavený vývojovým prostředím Pacific Scientific 950 Development Environment (IDE950), které je přímo určeno pro programování používaného měniče a pro komunikaci s nadřazeným počítačem (notebookem). Ve výše zmíněném vývojovém prostředí byly vytvořeny programy pro řízení pohonu, do kterých byly zapracovány staré části programů z roku 2006. Tyto programy sloužily pro ovládání stanoviště, které bylo sestaveno ve starých laboratořích katedry elektroniky. Důležitým požadavkem byla pokud možno vysoká flexibilita, aby bylo možné jednoduchým zásahem do řídicího programu měnit trajektorie motoru. Na základě vytvořených programů byl vypracován vzorový protokol pro laboratorní úlohu. Je nutné zdůraznit, že pro úspěšné vypracování laboratorní úlohy je důležité znát základy programování v programovacím jazyku C nebo BASIC. K tomuto protokolu byl vypracován uživatelský manuál. Stejně tak byl vytvořen manuál pro obsluhu celého stanoviště a jeho programového vybavení.

Literatura

- [1] Lineární motory. ELUC. [online]. [2012] [cit. 2016-02-11]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/806>
- [2] Lineární motory. VUES návrhy a výroba elektrických strojů pro vaše projekty [online]. [2012] [cit. 2016-01-18]. Dostupné z: http://www.vues.cz/file/417/CZ_LIN-OBECNE_020909.PDF
- [3] Lineární motory. VUES návrhy a výroba elektrických strojů pro vaše projekty. [online]. [2012] [cit. 2016-01-26]. Dostupné z: http://www.vues.cz/cs/produkty/servomotory_a_linearni_motory/linearni_motory
- [4] Lineární motory. VUES návrhy a výroba elektrických strojů pro vaše projekty. [online]. [2012] [cit. 2016-02-10]. Dostupné z: http://www.vues.cz/cs/produkty/servomotory_a_linearni_motory/linearni_motory#rada_L1S
- [5] Lineární snímací systém RGH22. Renishaw apply inovation. [online]. 8. 3. 2016 [cit. 2016-03-08]. Dostupné z: <http://www.renishaw.cz/cs/linearni-snimaci-system-rgh22-6443>
- [6] MERZLIAKOV, Evgenyi. Možnosti silového řízení lineárních pohonů. Brno, 2014. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [7] MIKUTA, Petr. Magneticky levitované dopravní systémy: zhodnocení a prognóza. Plzeň, 2012. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni.
- [8] PACIFIC SCIENTIFIC. Technický popis kompaktních servoměničů řady SCE900. 2001.
- [9] Řada L1S. VUES návrhy a výroba elektrických strojů pro vaše projekty. [online]. [2012]. [cit. 2016-01-26]. Dostupné z: http://www.vues.cz/file/411/CZ_L1S_____020909.PDF
- [10] ŠIMČÍK, Radovan. Pohon s lineárním motorem. Ostrava, 2006. Diplomová práce. VŠB - TU Ostrava.
- [11] VRBKA, Michal. Modelování lineárního pohonu s DC motorem pro potřeby řízení. Brno, 2009. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.

[12] Typový klíč lineárních motorů. VUES návrhy a výroba elektrických strojů pro vaše projekty [online]. [2012]. [cit. 2016-01-18]. Dostupné z: http://www.vues.cz/file/415/CZ_LIN-ZNAC__020910.PDF

Seznam příloh

Příloha A

Technická specifikace motoru a jeho zapojení

Technická specifikace měniče

Příloha B

Návod pro obsluhu pracoviště

Příloha C

Zdrojový kód vytvořený ve vývojovém prostředí IDE950